By J. E. Nicks BASIC PROGRAMMING SOLUTIONS FOR MANUFACTURING

Дж. НИКС

Бейсик: РЕШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

«Машиностроение»

РЕШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

[illegible]

Дж. Никс
Бейсик: РЕШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

BASIC PROGRAMMING SOLUTIONS FOR MANUFACTURING

By J. E. Nicks

Published by: Society of Manufacturing Engineers
Marketing Services Department
One SME Drive
P.O. Box 930
Dearborn, Michigan 48128




Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632

Дж. НИКС

Бейсик: РЕШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

Перевод с английского
Ю.К. Трубина



Москва
«Машиностроение»
1987

ББК 30.606
Н66
УДК 658.512.011.56 : 621

Никс Дж.

Н66 Бейсик: решение производственных задач / Пер. с англ. — М.: Машиностроение, 1987. — 248 с.: ил.

(В пер.): 1 р. 40 к.

Рассмотрен широкий круг задач, которые приходится решать инженеру-технологу, нормировщику, экономисту промышленных предприятий. На конкретных примерах показано, какую помощь при решении может оказать микроЭВМ. Основное внимание уделено методам машинного анализа трудовых процессов, расчета стоимости продукции, экономическому анализу приобретения оборудования, автоматизированному проектированию технологических процессов. Приведены полные тексты программ на языке Бейсик.

Для инженерно-технических работников промышленных предприятий.

Н $\frac{2405000000-510}{038(01)-87}$ 176-86

ББК 30.606

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ ПЕРЕВОДЧИКА

В нашей стране осуществляется общегосударственная программа создания, развития и использования вычислительной техники и автоматизированных систем управления. Практически все министерства и ведомства используют в своей работе высокопроизводительные технические средства, основанные на микропроцессорах: станки с ЧПУ, промышленные роботы, гибкие производственные системы. Высокая техническая культура современного производства требует обязательной «электронной» грамотности инженера. Творчески мыслящий, хорошо подготовленный к работе с микропроцессорами и микроЭВМ инженер — вот кто определяет сегодня развитие производства, внедрение передовых технических идей, прогрессивных технологических решений.

Программное обеспечение отстает от потребностей производства. Это сдерживает использование вычислительной техники заводскими специалистами. Например, применение ЭВМ могло бы снизить трудоемкость работ по проведению систематической аттестации рабочих мест, но для этого необходимо разработать программы анализа технологических возможностей имеющегося оборудования, экономического обоснования выбора нового оборудования, обработки результатов аттестации.

Разрыв между потребностями производства и возможностями программистов, которых требуется все больше и больше во всех отраслях и сферах деятельности, можно преодолеть, только научив инженера программировать свои задачи. Это будет намного эффективнее, чем программистам осваивать многие другие специальности.

Книгу можно использовать как пособие для обучения программированию инженеров — технологов, нормировщиков, экономистов. От читателя не требуется какой-либо предварительной подготовки. В основу обучения положено ознакомление с программами решения знакомых инженеру задач: определение себестоимости детали при разработке технологии, автоматизированное проектирование технологических процессов, расчет эффективности капитальных затрат на приобретение нового оборудования, расчет норм времени, определение размеров обработки и др. Приведены конструкции языка Бейсик, типичные приемы программирования таких задач, различные

программы. В каждой главе даны упражнения для закрепления материала. Программы приведены в книге с подробными комментариями, и, хотя они написаны для микроЭВМ TRS-80, на их основе инженеры могут создавать собственные программы для отечественных персональных ЭВМ «Агат», СМ-1300, «Электроника-60», болгарской «Правец-82», ДВК-2, СМ-1800 и др.

Так, система машинных команд персональной отечественной ЭВМ «Агат», минимальный набор ее модулей и устройств удовлетворяют требованиям, предъявляемым к микроЭВМ при решении производственных задач (см. гл. 12). Языки программирования Бейсик-Агат и Бейсик-TRS имеют одинаковый набор встроенных функций (RND, ABS, SGN, INT, SIN, COS, TAN, ATN, LOG, EXP, SQR), одинаковые функции обработки строковых переменных (LEN, LEFT$, RIGHT$, MID$), используют одни и те же операции сравнения (=<>>=><=<), допускают применение функций, определенных пользователем, многомерных массивов данных, операторов PEEK и POKE, позволяют записывать на одной строке несколько операторов, применять AND или OR в условных операторах IF.

Некоторые операторы, выполняющие сходные функции в обоих вариантах языка Бейсик, имеют различное написание и требуют внесения изменений в программы при переводе задач на отечественную персональную ЭВМ «Агат». Ниже приведены операторы языка Бейсик-TRS и после тире соответствующие им операторы Бейсик-Агат: CLS — HOME; INKEY$ — GET, PRINT@ — HTAB, VTAB; SET, RESET, POINT — COLOR, PLOT.

Многочисленные функции преобразования, существующие в языке Бейсик-TRS (MKD$, MKI$, MKS$, CVD, CVI, CVS), сводятся к двум функциям языка Бейсик-Агат: STRS и VAL.

В языке Бейсик-TRS возможна конструкция IF...THEN...ELSE, в то время как в языке Бейсик-Агат используется только IF...THEN. Для вывода информации на построчно-печатающее устройство в Бейсик-TRS применяется оператор LPRINT. В языке Бейсик-Агат для этой цели служит оператор PRINT, но ему должна предшествовать команда PRINT CHR$ (4); «PR # S», которая указывает операционной системе, что весь последующий вывод информации оператором PRINT будет осуществляться на периферийное устройство, присоединенное к разъему *S* интерфейса «Общая шина».

Наибольшие различия в рассматриваемых вариантах языка Бейсик связаны с командами машинной графики и обработки файлов. Наприемр, чтобы провести вертикальную линию в центре экрана терминала, потребуются три команды на языке Бейсик-TRS (FOR X = 15392 TO 16352 STEP 64: POKE X, 149:NEXT X и одна команда на языке Бейсик-Агат (PLOT 128,0 TO 128, 255).

Еще большие различия выявляются при работе с файлами. Однако подавляющее большинство приведенных программ (а их всего 22) не требует обращения к файлам. Исходные данные вводятся в программу инженером с клавиатуры или хранятся и обновляются в

операторах DATA. Работу с файлами читателю предстоит освоить позднее, после приобретения начальных навыков программирования.

В заключение несколько слов о переводе англо-американских мер в метрические. Поскольку программы воспроизведены методом фотографирования, в них сохранены англо-американские меры длины. В формах технологических документов, обрабатываемых на микро-ЭВМ, таблицах и на рисунках, раскрывающих работу программ, также пришлось сделать отступление от обязательного в наших изданиях применения метрической системы единиц. При этом преследовалась единственная цель — помочь читателю разобраться в программах, с тем чтобы он мог на их основе написать программы для решения конкретных производственных задач. В тексте рядом с размерами в дюймах указывается размер в миллиметрах.

Ю. К. Трубин

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Любой инженер-технолог, которому приходилось часами сидеть над формулами и проводить расчеты на электронном калькуляторе, найдет эту книгу полезной. Обычно ему приходится тратить значительное время на анализ и вычисления, связанные с производственной деятельностью. Часто, стремясь ускорить это утомительное и трудоемкое занятие, инженер находит способ упростить решение. Во многих случаях подобные упрощения приводят к потере точности, и, возможно, инженер приходит к выводу о том, что ЭВМ справилась бы с такой работой быстрее и с большей точностью.

До недавнего времени существовало несколько основных причин, мешавших инженеру-технологу использовать вычислительную технику. Во-первых, программу для ЭВМ могли составить только специалисты по обработке данных, для чего они должны были разбираться в сущности задачи не хуже инженеров. На практике это трудно осуществимо. Во-вторых, серьезной помехой были сложившиеся взаимосвязи между подразделениями. До автоматизации управления материально-техническим снабжением в большинстве компаний, располагавших ЭВМ, общая бухгалтерия и служба учета издержек производства забирали для решения своих задач основную часть машинного времени. В течение многих лет для решения других задач оставалось мало времени, и инженерные расчеты никогда не пользовались высоким приоритетом. В-третьих, оперативность решения задач на ЭВМ была недостаточной. Чтобы получить ответ на стоящие перед ним вопросы, инженеру-технологу необходимо было написать программу, набить перфокарты, провести расчеты. На все это уходило слишком много времени. Теперь положение изменилось. Быстро развивающееся производство микроЭВМ позволило решить многие проблемы, существовавшие в прошлые годы.

Основная цель книги — показать инженерам-технологам, что микроЭВМ может дать быстрый, точный и хорошо систематизированный ответ на поставленную производственную задачу при незначительных затратах.

Книга далеко не исчерпывает всех возможных применений ЭВМ на рабочем месте инженера-технолога, но служит первым важным шагом в понимании того, насколько просто инженеру-технологу писать самому программу для ЭВМ.

Главы книги построены по общей схеме: сначала кратко рассматривается сущность задачи, затем приводится текст программы на языке Бейсик, с помощью которой решается задача, и наконец, обсуждаются особенности каждой программы. В книге рассмотрен широкий круг типичных производственных задач.

Читатель может найти различное применение этой книге. Во-первых, без всяких навыков в написании программ для ЭВМ он может любую из предлагаемых программ использовать для решения типичных производственных задач. (Автор надеется, что большинство читателей не пойдет по этому пути). Во-вторых, любая из приведенных программ при необходимости может быть изменена с учетом специфики конкретной задачи. Для этого достаточно умеренное знание программирования.

Книга не является учебным пособием по изучению языка Бейсик, однако тексты программ и комментарии к ним позволят заводским специалистам понять, как ЭВМ выполняет расчеты. Усвоив это, можно легко изменять программы. В-третьих, и это самое важное, любой инженер-технолог или студент высшего учебного заведения, готовящийся стать технологом, после приобретения некоторого опыта программирования на языке Бейсик сможет использовать содержащиеся в книге примеры программ для написания собственных программ.

В конце каждой главы приведены задания для самостоятельной работы, позволяющие получить навыки программирования.

Следует сказать несколько слов о технических средствах. Все программы, помещенные в книге, были написаны и проверены на микроЭВМ II уровня «Радио шэк TRS-80» *, с объемом оперативной памяти 32К байт. В качестве дисковой памяти использованы гибкие магнитные диски диаметром 134 мм. Объем памяти для размещения каждой программы указан в описании программы. Программы, приведенные в книге, как правило, можно хранить в памяти объемом значительно менее 32К байт. Однако имеются три программы, которые требуют использования почти всех ресурсов памяти, доступных пользователю.

Для работы программ необходимо также печатающее устройство. Вся система (ЭВМ с памятью объемом 32К байт, дисковод и печатающее устройство) стоит менее 3500 долл. Еще несколько лет назад подобная ЭВМ стоила намного дороже.

Одна из целей этой книги — заинтересовать специалиста или руководителя в приобретении микроЭВМ и использовании ее в своей работе. По мере того как инженеры будут приобретать опыт программирования, автоматизированные системы проектирования технологических процессов будут распространяться все шире и шире.

При составлении программ не делалось никаких попыток написать «сжатые» программы или программы, эффективно использующие выделенную область памяти по двум причинам. Во-первых, программы должны быть понятны инженерам, имеющим ограниченный опыт программирования на языке Бейсик. Во-вторых, современные микроЭВМ имеют достаточный объем оперативной памяти.

---

* Производства филиала «Радио шэк» (*Radio Shack*) фирмы «Тэнди» (*Tandy*).

Глава 1

КРАТКИЙ ОБЗОР ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ БЕЙСИК

В английском оригинале дано описание элементов языка Бейсик: операторов, символов, правил пунктуации. Приведен разбор коротких демонстрационных программ. Каждая программа содержит новые элементы языка. Построчные комментарии к программам и отдельные упражнения, включенные в главу, помогают читателю получить представление о понятиях и конструкциях языка Бейсик.

Бейсик является распространенным в СССР диалоговым языком. Учитывая, что по этому языку было опубликовано несколько учебных пособий, редакция решила сократить гл. 1 с ведома правообладателя.

Читатель может обратиться к работам советских и иностранных авторов на русском языке:

Кетков Ю. Л. Программирование на Бейсике. М.: Статистика, 1978. 157 с.

Программирование на языке Бейсик-плюс для СМ-4/В.П. Семик, Д. М. Монцибович, Д. П. Непочатых и др. М.: Финансы и статистика, 1982. 246 с.

Уорт Т. Программирование на языке Бейсик: Пер. с англ/Под ред. В. Ф. Шаньгина; М.: Машиностроение, 1981. 225 с.

Глава 2
РАСЧЕТ СТОИМОСТИ

2.1. КРАТКИЙ ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ

При планировании производства всегда приходится затрачивать много времени и средств на расчеты, связанные с определением стоимости, поэтому специалисты постоянно ищут способы сократить трудоемкость таких расчетов.

Как правило, промышленная компания стремится выдержать определенное соотношение между объемом работы, рассчитанным при обосновании заказа, и объемом, который надлежит выполнить после заключения контракта. Если компания завышает объем работы, можно ожидать, что производственные расходы будут слишком высокими, а мощности недоиспользованными. Занижение объема работ ведет к неправильному установлению цены на изделие, требует дополнительного привлечения трудовых и материальных ресурсов.

На примере микроэлементных нормативов [1] можно показать, как требование к точности влияет на трудоемкость расчетов. Если предположить, что для выполнения одной операции требуется 1000 единиц работы в системе МТМ и эта система используется для расчетов (в реальных условиях это невозможно в связи со слишком большими затратами инженерного труда), то трудоемкость расчетов в зависимости от степени укрупнения нормативов будет выглядеть примерно так:

	МТМ-1	МТМ-3
Длительность расчета, ч	3,5	0,5
Допустимая погрешность, %	±7	±20

Точность расчетов существенно повышается по мере их детализации. Данные табл. 2.1 помогают взглянуть на проблему расчетов именно под этим углом зрения. Из таблицы следует, что уровень

[1] Микроэлементные нормативы — система нормативов на первичные элементы трудового процесса — трудовые движения. Применяются при проектировании трудовых процессов, анализе и рационализации существующих методов работы, разработке нормативов вспомогательного времени, установлении норм труда, обучении рабочих правильным методам выполнения работ. Существуют различные системы микроэлементных нормативов. Среди них МТМ — система измерения времени с учетом методов работы. Длительность отдельных трудовых движений в системе МТМ выражается в специальных единицах (1 ед. работы равна 0,00001 ч, или 0,036 с). Различают несколько модификаций МТМ. Для нормирования операций длительностью менее 0,5 мин применяется модификация МТМ-1. Модификации МТМ-2 и МТМ-3 представставляют собой укрупненные варианты МТМ. — *Прим. пер.*

2.1. Методы расчетов и их точность

Метод	Уровень детализации	Погрешность расчетов, %
МТМ	Очень высокий	±0,7
Нормативы на элементы операций	Средний (установка и снятие детали, машинная обработка)	±(10—15)
Нормативы на операцию	Низкий (точение, фрезерование, сверление, растачивание)	±(15—20)
Нормативы на деталь	Детализация отсутствует (изготовление детали, наладка станка, установка приспособления)	±(20—30)

детализации имеет решающее значение для точности расчетов. Другой вывод заключается в том, что расчеты должны быть совместимыми. Например, расчеты стоимости обработки деталей сверлением, проведенные на предыдущей неделе, должны согласовываться с аналогичными расчетами, проведенными на следующей неделе. Если можно добиться постоянно заданной точности расчетов, то можно оценить погрешность расчетов и своевременно их скорректировать.

Для обеспечения методического единства и ускорения проведения расчетов стоимости многие компании применяют стандартные формы документов. Такой подход обеспечивает совместимость расчетов и их оперативность, но имеет свои недостатки. Достаточно сказать, что количество типов таких форм в одной компании может составлять 20 и более. Требуется слишком много времени, чтобы заполнить все формы, внести в них изменения. Необходимо также обучить работников правильно заполнять формы. Заполнение любого готового бланка само по себе малоинтересное занятие. При использовании стандартных форм документов показатели укрупняются, что позволяет оперативнее провести расчеты. При этом уменьшается точность расчетов. В большинстве случаев компания стремится несколько завысить объем работы, необходимой для выполнения заказа. Поэтому повышение оперативности расчетов в ущерб их точности оправдано. Но как только компания заключила контракт, основывающийся на проведенных расчетах, возникают новые проблемы. При разработке технологии производства нового изделия укрупненные показатели, полученные ранее, становятся бесполезными для инженера-технолога.

2.2. ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ ДЛЯ РАСЧЕТОВ СТОИМОСТИ

Результаты повторных расчетов, выполняемых технологами, имеют мало общего с первоначальными результатами. Применение ЭВМ для расчетов стоимости позволяет сделать существенный шаг вперед в решении проблемы. Прежде чем автоматизировать расчеты, необходимо принять ряд решений, которыми будет руководствоваться инженер при написании программы для ЭВМ.

Определение параметров расчета. Операция — токарная обработка. Деталь — вал. Приведенные ниже параметры определены в минутах:

Время на установку детали T_1	0,250
Основное (технологическое) время T_2	1,000
Время на снятие детали T_3	0,250
Оперативное время T_4	1,500
Время на исправление брака, отклонение от заданных условий работы, отдых и естественные надобности (20% оперативного времени) T_5	0,300
Норма штучного времени	1,800

Предположим, что погрешность определения нормативов времени T_1, T_3 ± 15 %; времени T_2 ± 3 %; и времени T_5 ± 5 %. Тогда можно рассчитать границы точности расчетов (табл. 2.2).

2.2. Границы точности расчетов

Элемент операции (погрешность)	Норма времени, мин	Минимальное время, мин	Максимальное время, мин
Установка детали (15%)	0,250	—15% = 0,210	+15% = 0,290
Обработка (3%)	1,000	—3% = 0,970	+3% = 1,030
Снятие детали (15%)	0,250	—15% = 0,210	+15% = 0,290
Итого	1.500	1,390	1,610
Предел точности		$\frac{1,390}{1,500} = -7\%$	$\frac{1,610}{1,500} = +7\%$
T_5	0,300	+15% = 0,210	+25% = 0,400
Всего	1,800	1,600	2,010

Примечание. По результатам расчетов первоначальная норма составляет 1,800 мин, минимальная норма 1,600 мин (—12%); максимальная норма 2,010 мин (+12%).

Без учета дополнительного времени, точность расчетов составляла ± 7 %. В целом (по сравнению с данными табл. 2.1) точность возросла, поскольку мы установили высокие пределы точности при подсчете основного (технологического) времени, учитывая, что последнее является функцией режима резания. Можно ли в этом случае написать программу для ЭВМ, в которой расчеты режимов резания имели бы точность не менее ± 3 %? И разве такой расчет не будет представлять интерес для инженера-технолога, который должен разработать технологический процесс на изделие после того, как компания получит заказ? Проницательный читатель скажет: «Если ответы на эти вопросы утвердительные, то применение ЭВМ для расчета стоимости оправдано». В табл. 2.3. приведены различ-

2.3. Трудоемкость программирования в зависимости от сложности программы

Необходимая информация	Программа 1		Программа 2		Программа 3		Программа 4	
	Вх.	Вых.	Вх.	Вых.	Вх.	Вых.	Вх.	Вых.
Начальный диаметр	х		х				х	
Диаметр детали после обработки	х		х		х		х	
Число проходов		х	х		х			х
Глубина резания		х	х					х
Подача	х		х		х			х
Частота вращения, об/мин		х		х		х		х*
Марка инструментального материала	х		х				х	
Скорость резания		х	х		х			х
Основное (технологическое) время		х		х		х		х*
Обрабатываемый материал	х		х				х	
Требуемая частота вращения		х		х		х		х*
Корректировка режима обработки								х*
Общее количество данных	5	6	8	3	4	3	4	8
Примерные затраты времени на программирование**, ч	20		3		2		30	

* Частота вращения корректируется по паспорту конкретного станка.
** Продолжительность программирования с учетом входных и выходных показателей и без учета времени, необходимого для написания и отладки реальной программы.

ные варианты трудоемкости программирования расчета стоимости обычной токарной операции. Принимая решение об автоматизации расчетов, руководитель должен учитывать ряд факторов, связанных со сложностью программы и влияющих на трудоемкость программирования.

Программа 1 позволяет рассчитывать скорость резания по заданным глубине резания, подаче, обрабатываемому материалу, марке инструментального материала. Такая программа экономит время инженера-технолога при расчете стоимости операции. Выходные данные могут быть использованы для решения других производственных задач.

На последнее обстоятельство следует обратить особое внимание. Действительно, без всяких дополнительных затрат времени, труда или средств можно определить объем работы при обосновании будущего заказа с точностью ±5 % (условно). Когда заказ поступит, инженер-технолог может использовать те же данные для разработки технологии изготовления заказанной продукции. Таким образом,

программа выполняет несколько функций. Однако для написания программы, рассчитывающей скорость резания, потребуется немало времени.

Для программы 2 характерны очень небольшие затраты труда на программирование. Инженер-технолог должен ввести восемь показателей, в то время как ЭВМ рассчитывает только три показателя. Если инженер использует справочник для технического нормирования работ или помнит все необходимые данные, использование ЭВМ становится неэффективным. Гораздо быстрее такие расчеты можно провести на электронном калькуляторе.

Программа 3 подобна программе 2, но проще ее.

Программа 4 напоминает программу 1 и является самой сложной. В ходе ее выполнения найденные частота вращения шпинделя и подача сравниваются с паспортными данными станка и производится перерасчет скорости резания. Например, если ЭВМ подсчитала, что частота вращения шпинделя должна составлять 1000 об/мин, а кинематическая схема станка допускает 863 или 1126 об/мин, ЭВМ выбирает ближайшее к расчетному значение. Таким же образом подбирается подача. Этот выбор можно назвать «искусственным интеллектом», поскольку ЭВМ запрограммирована принимать разумные решения. В этом случае время, необходимое на программирование, неизмеримо возрастает. Программа может учитывать и другие ограничения, связанные с мощностью станка, прочностью инструмента, требованиями к точности обработки и чистоте обрабатываемой поверхности.

Теперь можно перечислить типы программ, которые должен рассмотреть руководитель, прежде чем принимать решение об автоматизации расчетов.

1. Программа расчета стоимости токарной обработки.

2. Программа, уровень детализации которой позволил бы инженеру-технологу пользоваться различными данными, рассчитанными ЭВМ.

3. Программа, которая осуществляет в соответствии с заданными условиями выбор режимов резания и оборудования.

4. Программа, которая корректирует найденную частоту вращения или подачу по паспорту конкретного станка, а также учитывает другие ограничения.

От того, насколько правильно будет выбран тип программы, зависят трудоемкость программирования и точность достижения поставленной цели. Читатель может при этом спросить: «Стоит ли тратить столько времени на достижение этих целей?». Скромный опыт автора позволяет ответить на этот вопрос утвердительно.

В этой главе приведены две программы для расчета стоимости на ЭВМ.

2.3. ПРОГРАММА SFPM

В программу входят четыре модуля, решающие определенные задачи. Модуль 1 рассчитывает стоимость токарной обработки инструментом с пластинами из твердых сплавов. Инженер-технолог должен ввести в ЭВМ следующие данные: начальный диаметр детали; диаметр детали после обработки; глубину резания при черновом про-

```
COST ESTIMATE — CARBIDE TURNING

PART NAME GEAR PART NUMBER 82100
                                                   DATE 01/01/81



THE FOLLOWING DATA IS FOR TWO SETS OF TOOL LIFE

               FOR 60 MIN TOOL LIFE     FOR 240 MIN TOOL LIFE

SFPM ROUGH          459                    247
SFPM FINISH         1107                   597

RPM ROUGH           876                    471
RPM FINISH          2114                   1140

TOTAL CUTTING TIME .874146                 1.62476  MIN. PER. PC.

TOTAL COST         $ .277056              $ .43846

PARTS PER HOUR      68.6384                36.9285


THE MATERIAL IS AISI 1018,1020--BHN 150
STARTING DIA. WAS 3  INCHES.  FINISHED DIA. IS  2  INCHES
LENGTH OF CUT 4 INCHES

ROUGHING DEPTH .075 INCHES AT  .04 FEED PER REV.

FINISHING DEPTH .01 INCHES AT  .01 FEED PER REV

THE TOTAL NUMBER OF CUTS TAKEN IS 6

SHOP RATE $ 15.25 DOLLARS PER HOUR AND INSERT COST $ 2.75 PER SIDE
TOOL CHANGE TIME  4  MIN. PER CHANGE
```

Распечатка 2.1.

ходе; подачу при черновом проходе; глубину резания при чистовом проходе; подачу при чистовом проходе; цеховые расходы; стоимость одной режущей кромки пластины из твердого сплава; время, необходимое для смены инструмента.

Во время выполнения этой части программы инженер-технолог должен выбрать один из 20 видов обрабатываемого материала, шифры которых хранятся в памяти машины. Текст программы помещен в распечатке 2.8. Модуль написан с учетом основных показателей расчета стоимости.

Инженер-технолог тратит много времени на подбор оптимального режима резания для обрабатываемого материала. Подобные

расчеты требуют поиска необходимых исходных данных в специальных справочниках. Очень часто специалист, производящий расчеты, не располагает для этого временем и ограничивается выбором режима резания «на глазок». Модуль 1 рассчитывает режим резания с учетом глубины резания и подачи для данного вида материала. Подробная схема таких расчетов приведена ниже.

Учитывая, что ЭВМ обладает непревзойденной способностью «щелкать цифры, как орехи», в модуле 1 проводятся расчеты для двух вариантов. В первом стойкость инструмента задается инженером-технологом, во-втором — принимается равной 60 мин. Определенное сочетание скорости резания и стойкости инструмента позволяет оптимизировать затраты на операцию, складывающиеся из затрат на обработку детали и замену инструмента. При расчете стоимости желательно просчитывать несколько вариантов, чтобы найти условие, при которых стоимость будет наименьшей. Обычно этого не удается сделать, так как расчеты вариантов вручную требуют большого количества времени.

Примеры распечаток результатов работы модуля 1 программы (распечатки 2.1 — 2.3).

```
COST ESTIMATE - CARBIDE TURNING

PART NAME GEAR PART NUMBER 82100

                                                DATE 01/01/81



THE FOLLOWING DATA IS FOR TWO SETS OF TOOL LIFE

                    FOR 60 MIN TOOL LIFE     FOR 240 MIN TOOL LIFE

SFPM ROUGH            441                     238
SFPM FINISH           1107                    597

RPM ROUGH             842                     454
RPM FINISH            2114                    1140

TOTAL CUTTING TIME .664274                    1.23193  MIN. PER. PC.

TOTAL COST          $ .210538               $ .332451

PARTS PER HOUR        90.3242                 48.7039


THE MATERIAL IS AISI 1010,1020--BHN 150
STARTING DIA. WAS 3  INCHES.  FINISHED DIA. IS  2  INCHES
LENGTH OF CUT 4 INCHES

ROUGHING DEPTH .1 INCHES AT  .04 FEED PER REV.

FINISHING DEPTH .01 INCHES AT  .01 FEED PER REV

THE TOTAL NUMBER OF CUTS TAKEN IS 4

SHOP RATE $ 15.25 DOLLARS PER HOUR AND INSERT COST $ 2.75 PER SIDE
TOOL CHANGE TIME  4  MIN. PER CHANGE
```

Распечатка 2.2.

```
COST ESTIMATE - CARBIDE TURNING

PART NAME GEAR PART NUMBER 82100

                                                  DATE 01/01/81



THE FOLLOWING DATA IS FOR TWO SETS OF TOOL LIFE

               FOR 60 MIN TOOL LIFE     FOR 240 MIN TOOL LIFE

SFPM ROUGH          427                      230
SFPM FINISH         1107                     597

RPM ROUGH           815                      439
RPM FINISH          2114                     1140

TOTAL CUTTING TIME .557313                   1.03425  MIN. PER. PC.

TOTAL COST        $ .176637                $ .279103

PARTS PER HOUR      107.659                  58.0131


THE MATERIAL IS AISI 1018,1020--BHN 150
STARTING DIA. WAS 3  INCHES.  FINISHED DIA. IS  2  INCHES
LENGTH OF CUT 4 INCHES

ROUGHING DEPTH .125 INCHES AT  .04 FEED PER REV.

FINISHING DEPTH .01 INCHES AT  .01 FEED PER REV

THE TOTAL NUMBER OF CUTS TAKEN IS 3

SHOP RATE $ 15.25 DOLLARS PER HOUR AND INSERT COST $ 2.75 PER SIDE
TOOL CHANGE TIME  4  MIN. PER CHANGE
```

Распечатка 2.3.

Расчет стоимости обработки твердосплавными резцами

Наименование детали: шестерня. Номер детали 82 100 Дата 01/01/81

Следующие данные приведены для двух периодов стойкости инструмента:

	60 мин	240 мин
Скорость резания, черновой проход	459	247
Скорость резания, чистовой проход	1107	597
Частота вращения, об/мин, черновой проход	876	471
Частота вращения, об/мин, чистовой проход	2114	1140
Основное время, мин	0,874146	1,62476
Стоимость обработки, долл.	0,277056	0,43846
Производительность, шт/ч	68,6384	36,9285
Обрабатываемый материал	1018, 1020 — НВ 150	

Начальный диаметр 3 дюйм, диаметр после обработки 2 дюйм, длина резания 4 дюйм

Глубина резания, черновой проход, 0,075 дюйм при подаче на оборот 0,04 дюйм

Глубина резания, чистовой проход, 0,01 дюйм при подаче на оборот 0,01 дюйм

Число проходов 6

Цеховые расходы 15,25 долл/ч, стоимость пластины в расчете на одну режущую кромку 2,75 долл.

Время на смену инструмента 4 мин

К распечатке 2.1.

В каждом примере использованы одни и те же исходные данные. Изменяется только глубина резания. Результаты работы модуля 1 приведены в табл. 2.4. Из таблицы видно, что скорость резания является функцией глубины резания.

2.4. Результаты расчетов по модулю 1

Глубина резания, дюйм	Число проходов	Скорость резания, фут/мин	Частота вращения, об/мин	Производительность, шт/ч
0,075	6	459	876	68,6
0,100	4	441	842	90,3
0,125	3	427	815	107,6

Ниже приведены сообщения и вопросы, которые появляются на экране дисплея в ходе выполнения программы. Жирным шрифтом выделены ответы, набираемые на клавиатуре инженером-технологом.

Программа рассчитывает скорость резания, частоту вращения шпинделя, штучное время и количество обрабатываемых деталей в час для следующих операций:

точение резцами с пластинами из твердых сплавов 1
точение резцами из быстрорежущей стали 2
сверление на многошпиндельном станке 3
фрезерование 4

Введите номер операции

? **1**

Операция: точение резцами с пластинами из твердых сплавов. В конце работы модуль распечатывает следующие данные:

режим резания, стоимость обработки для двух значений стойкости инструмента: стойкости 60 мин и для стойкости, указанной пользователем (не более 240 мин). Введите 1, чтобы просмотреть перечень материалов? Введите номер обрабатываемого материала:

1. 1018—1020 HB 150
2. 1040 *HB* 180
3. 1045 *HB* 270
4. 1050—1060—52100 HB 225
5. 1095 *HB* 225
6. 1335 *HB* 209
7. 3140 *HB* 275
8. 4130—4340—5132 *HB* 200
9. 4140—4340—5132 *HB* 300
10. 4150—4815 *HB* 250
11. 4320 *HB* 200
13. 8620 *HB* 175

? **1**

После выбора материала задайте следующие параметры:

Глубина резания ?	4
Начальный диаметр?	3
Диаметр детали после обработки?	2
Глубина резания при черновом проходе?	0,075
Подача при черновом проходе?	0,040
Глубина резания при чистовом проходе?	0,010
Подача при чистовом проходе?	0,010
Цеховые расходы в час?	15,25
Время для смены инструмента, мин?	4
Период стойкости инструмента (не более 240 мин)?	240
Стоимость одной режущей кромки пластины из твердого сплава? .	2,75

Инженеру-технологу для выполнения подобных расчетов на электронном калькуляторе нужно потратить не менее 1 ч, ЭВМ выполняет их за 2 мин. Можно добавить еще одну строку к программе, чтобы учесть затраты времени на исправление брака, отклонения от заданных условий работы, отдых и естественные надобности рабочего и соответственно скорректировать норму.

Комментарий к модулю 1. После того как читатель познакомится с распечатками результатов работы модуля 1, уместно сделать некоторые замечания. В этот или аналогичный модуль можно внести изменения, позволяющие выполнить следующие функции: расчет объема металла, уходящего в стружку; проверку выбранного режима резания по мощности станка или другим ограничениям, связанным с оборудованием. В программу, написанную для конкретного станка, могут быть добавлены такие функции, как расчет машинно-ручного времени, корректировка режимов резания, время настройки делительного приспособления, установки и снятия деталей. Для этого вводится подпрограмма, организующая в памяти ЭВМ таблицу затрат ручного труда на операцию для каждого конкретного станка. Ограничения, накладываемые программой, устанавливаются инженером-технологом.

Алгоритм расчета технически обоснованной нормы может быть и более сложным. Например, если деталь обрабатывается на револьверном станке и необходимо выполнить операцию сверления, в программе для ЭВМ можно предусмотреть расчет затрат ручного труда, необходимого для установки револьверной головки, подвода и отвода инструмента каждый раз, когда выполняется операция сверления. Можно также «научить» ЭВМ различать случаи, когда время на выполнение какого-либо элемента операции перекрывается временем выполнения другого элемента.

После того как освоена последовательность расчетов, сама процедура становится малоинтересной, монотонной, поскольку приходится повторять одни и те же действия. Эта монотонность ведет к ошибкам, к использованию «потолочных» правил, что порождает новые ошибки. Однако совершенно необходимо освоить порядок расчета технически обоснованной нормы прежде, чем сделать следующий шаг — написать программу для ЭВМ. Инженер-технолог уже владеет такими расчетами.

```
COST ESTIMATE - HIGH SPEED TURNING
PART NAME SHAFT PART NUMBER 32000
                                                    DATE 01/01/81


THE FOLLOWING DATA IS FOR HIGH SPEED STEEL
AND FOR 60 MIN. TOOL LIFE

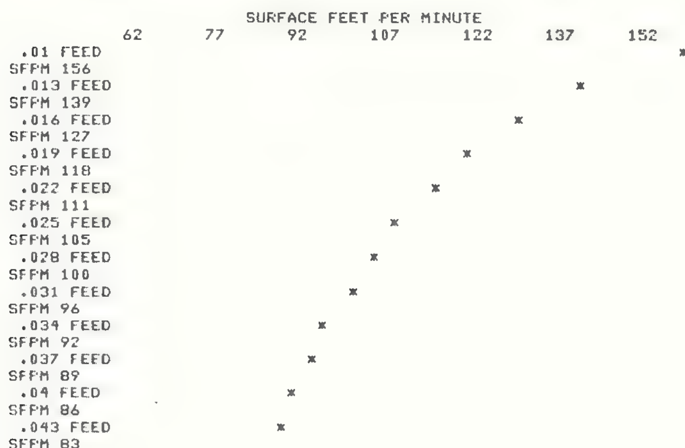
SFPM FOR ROUGHING IS 62
SFPM FOR FINISHING IS 156

RPM FOR ROUGHING IS  118
RPM FOR FINISHING IS 297

TOTAL TIME FOR THE ROUGH & FINISH CUTS IS 3.04172 MIN. PER PC.
TOTAL OPERATION COST IS      $ .773103 DOLLARS PER PART

PARTS PER HOUR ARE 19.7257

STARTING DIAMETER WAS 2.5 INCHES. FINISHED DIAMETER IS 2 INCHES
LENGTH OF CUT IS 4 INCHES
ROUGHING DEPTH IS .1 INCHES AT .04 FEED PER REV.
FINISHING DEPTH IS .01 INCHES AT .01 FEED PER REV.
THE MATERIAL IS  AISI 1018,1020--BHN 150
SHOP RATE COST PER HOUR IS      $ 15.25
```



Распечатка 2.4.

Модуль 2 — токарная обработка резцами из быстрорежущей стали. На распечатке 2.8 приведены результаты работы модуля 2 для расчета стоимости наружного точения резцами из быстрорежущей стали. При написании модуля 2 использован тот же формат, что и при написании модуля 1. Необходимо вновь подчеркнуть, что каждый модуль является самостоятельной программой, иначе читателю,

```
COST ESTIMATE - HIGH SPEED TURNING

PART NAME SHAFT PART NUMBER 32101

                                             DATE 01/01/81

THE FOLLOWING DATA IS FOR HIGH SPEED STEEL
AND FOR 60 MIN. TOOL LIFE

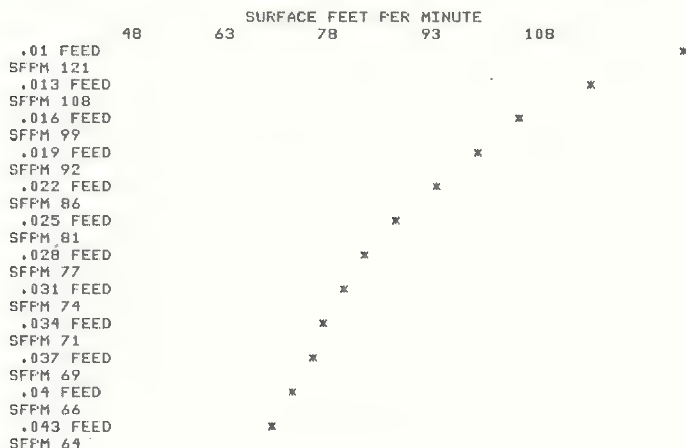
SFPM FOR ROUGHING IS 48
SFPM FOR FINISHING IS 121

RPM FOR ROUGHING IS  91
RPM FOR FINISHING IS 231

TOTAL TIME FOR THE ROUGH & FINISH CUTS IS 3.9294 MIN. PER PC.
TOTAL OPERATION COST IS     $ .998724 DOLLARS PER PART

PARTS PER HOUR ARE 15.2695

STARTING DIAMETER WAS 2.5 INCHES. FINISHED DIAMETER IS 2 INCHES
LENGTH OF CUT IS 4 INCHES
ROUGHING DEPTH IS .1 INCHES AT .04 FEED PER REV.
FINISHING DEPTH IS .01 INCHES AT .01 FEED PER REV.
THE MATERIAL IS  AISI 1040--BHN 180
SHOP RATE COST PER HOUR IS     $ 15.25
```



Распечатка 2.5.

не имеющему опыта программирования, программа может показаться сложной. Расчеты в модуле 2 проводятся только для стойкости инструмента 60 мин. Объясняется это тем, что инструмент из быстрорежущей стали требует частой замены. Модуль 2 может воспроизводить график показательной зависимости скорости резания от подачи (см. распечатку 2.4). Более подробно построение графиков с помощью ЭВМ рассмотрено в гл. 8. Результаты работы модуля 2 приведены на распечатках 2.4, 2.5.

Расчет стоимости обработки резцами из быстрорежущей стали

Наименование детали: вал. Номер детали 32 000 Дата 01/01/81
Следующие данные приведены для резцов из быстрорежущей стали и стойкости инструмента 60 мин
Скорость резания, черновой проход, 62
Скорость резания, чистовой проход, 156
Частота вращения, об/мин, черновой проход, 118
Частота вращения, об/мин, чистовой проход, 297
Общее время чернового и чистового проходов, мин/шт. 3,04172
Общие операционные расходы, долл/шт. 0,773103
Производительность, шт/ч 19,7257
Начальный диаметр 2,5 дюйм, диаметр после обработки 2 дюйм, длина резания 4 дюйм
Глубина резания, черновой проход 0,1 дюйм при подаче на оборот 0,04 дюйм
Глубина резания, чистовой проход, 0,01 дюйм при подаче на оборот 0,01 дюйм
Обрабатываемый материал 1018, 1020; HB 150
Цеховые расходы, долл/ч 15,25

	Скорость резания, фут/мин						
	62	77	92	107	122	137	152
0,01 подача							
скорость 156							
0,013 подача							
скорость 139							
и т. д.							

К распечатке 2.4.

Модуль 3 — одновременное сверление на многошпиндельном станке. Модуль 3 представляет пример законченной программы для расчета стоимости. В отличие от модуля 2 в модуле 3 отсутствует обращение к подпрограммам других модулей с помощью оператора GOSUB. В модуле 3 пользователь вводит данные о том, сколько раз повторяются различные элементы операции сверления каждого отверстия в процессе выполнения программы. В программе хранятся нормативы времени на такие элементы операции, как перемещение кондуктора, очистка отверстия, осмотр отверстия, подвод инструмента к детали, отвод инструмента в исходное положение и др. После расчета основного технологического времени программа запрашивает данные о том, сколько раз пользователь хотел бы учесть для каждого отверстия эти нормативы, и соответственно рассчитывает значение затрат вспомогательного времени. В конце работы программы пользователь должен ввести данные о массе обрабатываемой детали. В зависимости от массы ЭВМ выбирает значения нормативов времени на установку и снятие детали из программы.

В задаче, результаты решения которой с помощью данного модуля приведены на распечатке 2.6, использованы следующие данные: сверлятся 4 отверстия — 1/4 дюйм (6,35 мм), 3/8 дюйм (9,525 мм), 1/2 дюйм (12,7 мм) и 3/4 дюйм (19,05 мм), прочие элементы операции включают в себя: подвод шпинделя к детали, отвод шпинделя в исходное положение, перемещение кондуктора к следующему шпинделю. Учитывается время установки и снятия детали, равное 0,3 мин. Значения времени сверления, перемещения инструмента и приспособления, установки и снятия детали складываются. Их сумма равна 1,927 мин, что соответствует выработке 31,13 шт/ч.

```
COST ESTIMATE - GANG DRILLING

PART NAME BLOCK PART NUMBER 32110
                                                    DATE 01/01/81

HOLE NUMBER 1
FOR A  .25  INCH DRILL 1  INCH HOLE LENGTH , USE 3.99988E-03 FEED 993.122 RPM
         DRILL TIME  .27062 OTHER ELEMENTS .1 TOTAL THIS HOLE .37062

HOLE NUMBER 2
FOR A  .375  INCH DRILL .5  INCH HOLE LENGTH , USE 5.5491E-03 FEED 662.081 RPM
         DRILL TIME  .166714 OTHER ELEMENTS .1 TOTAL THIS HOLE .266714

HOLE NUMBER 3
FOR A  .5  INCH DRILL 1  INCH HOLE LENGTH , USE 7E-03 FEED 496.561 RPM
         DRILL TIME  .330847 OTHER ELEMENTS .1 TOTAL THIS HOLE .430847

HOLE NUMBER 4
FOR A  .75  INCH DRILL 1.25  INCH HOLE LENGTH , USE 9.71123E-03 FEED 331.041 RPM
         DRILL TIME  .458814 OTHER ELEMENTS .1 TOTAL THIS HOLE .558814

TOTAL LOAD AND UNLOAD TIME IS .3
           TOTAL TIME FOR THE OPERATION IS 1.927

PARTS PER HOUR ARE 31.1366
TOTAL COST PER PART NOT INCLUDING SET UP IS $ .501019 DOLLARS PER PC.
TOTAL COST INCLUDING SET UP COSTS ARE:
     QUANITY THIS LOT 100 TOTAL $ .514019
     SET UP COSTS FOR THIS OPERATION ARE $  20.28
```

Распечатка 2.6.

Расчет стоимости сверления на многошпиндельном станке

Наименование детали: блок. Номер детали 32110 Дата 01/01/81

Отверстие № 1

Для сверла 0,25 дюйм и глубины отверстия 1 дюйм используйте подачу 3,99988E—03, частоту вращения 933,122

Время сверления 0,27062. Прочие элементы 0,1

Общее время 0,37062

Отверстие № 2

Для сверла 0,375 дюйм и глубины отверстия 0,5 дюйм используйте подачу 5,5491E—03. Частота вращения 662,081

Время сверления 0,166714. Прочие элементы 0,1

Общее время 0,266714

Отверстие № 3

Для сверла 0,5 дюйм и глубины отверстия 1 дюйм используйте подачу 7E—03. Частота вращения 496,561

Время сверления 0,338847. Прочие элементы 0,1

Общее время 0,430847

Отверстие № 4

Для сверла 0,75 дюйм и глубины отверстия 1,25 дюйм используйте подачу 9,71123E—03. Частота вращения 331,041

Время сверления 0,458814. Прочие элементы 0,1

Общее время 0,558814

Общее время на установку и снятие детали 0,3

Общее время на операцию 1,927

Производительность, шт/ч, 31,1366

Стоимость обработки без учета стоимости подготовительно-заключительных работ, долл. 0,501019

Стоимость обработки с учетом стоимости подготовительно-заключительных работ:

при размере партии 100 стоимость обработки детали, долл., 0,514019

Стоимость подготовительно-заключительных работ для этой операции, долл., 20,28

К распечатке 2.6.

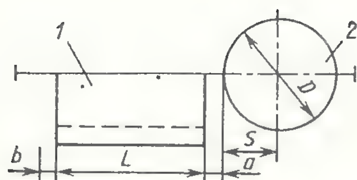


Рис. 2.1. Расположение фрезы и детали (образующая детали и ось фрезы расположены на одной прямой):
1 — деталь; 2 — фреза

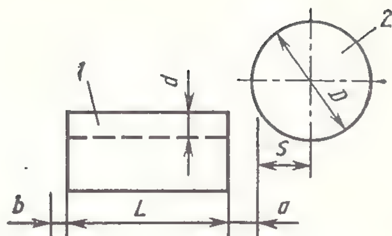


Рис. 2.2. Расположение фрезы и детали (образующая детали находится ниже оси фрезы):
1 — деталь; 2 — фреза

Нормативы подготовительно-заключительного времени введены в программу заранее. Единственное, что требуется от пользователя для выполнения этой программы, — это ввести данные о размере сверл и глубине отверстий. Выбор режимов резания осуществляется в самой программе. Таким образом, соблюдается принцип, о котором мы уже говорили: инженер должен делать только то, что он делает лучше ЭВМ, остальное делает машина.

И последнее замечание о роли печатающего устройства в этом процессе. От инженера не требуется что-либо писать на бумаге. Все промежуточные результаты ЭВМ хранит в своей памяти до тех пор, пока не будет прочитана команда LPRINT, по которой осуществляется автоматический вывод на печать информации из ЭВМ.

Модуль 4 — обработка фрезерованием. Написать программу для ЭВМ, рассчитывающую стоимость обработки фрезерованием, оказывается сложнее, чем это может показаться с первого взгляда. Объясняется это рядом причин.

Во-первых, необходимо рассчитать путь подвода фрезы. Существуют различные варианты подвода фрезы, и технолог должен выбрать в программе один из них. Графическое отображение на экране ЭВМ расположения фрезы и детали помогает инженеру точно указать, какой вариант он выбрал. Время, необходимое для программирования графиков, может значительно увеличить общее время, затрачиваемое инженером на написание программы.

Во-вторых, написать программу для обработки фрезерованием сложно потому, что на фрезерном станке обработку ведут фрезами различных типов. Фрезы могут быть из быстрорежущей стали или с пластинами из твердых сплавов. Разнообразие условий усложняет зазадачу выбора режимов резания при обработке.

Модуль 4 позволяет рассчитывать пять вариантов подвода фрезы с учетом способа обработки и десяти видов обрабатываемого материала. Хотя сам модуль 4 содержит небольшое количество команд, трудоемкость программирования определяется той его частью, которая связана с машинной графикой.

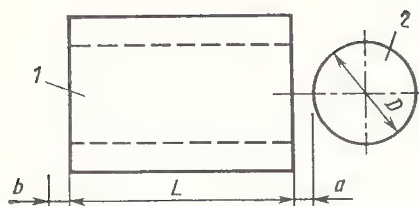


Рис. 2.3. Расположение концевой или торцовой фрезы и детали:
1 — деталь; 2 — фреза

При выборе модуля 4 на экране дисплея появляется чертеж взаимного расположения фрезы и детали. Варианты установки фрезы относительно детали приведены на рис. 2.1—2.6. Программный модуль показывает пять различных условий фрезерования.

Для первого варианта установки фрезы (рис. 2.1) расчетная длина обработки L_1 складывается из длины детали L и пути подвода фрезы S

$$L_1 = L + S = L + 0{,}5\,D + a + b;$$

$$S = 0{,}5\,D + a + b,$$

где D — диаметр фрезы; a — врезание фрезы, $a = 0{,}031$ дюйм (0,79 мм); b — перебег фрезы, $b = 0{,}031$ дюйм (0,79 мм).

Для второго варианта установки фрезы (рис. 2.2)

$$S = \sqrt{(R)^2 - (R - d)^2} + a + b,$$

где $R = 0{,}5\,D$; d — глубина фрезерования.

Круглую фрезу на экране дисплея можно показать несколькими способами. Метод, выбранный для этой программы, раскрывается в строках 6040 и 6050:

```
6040 FOR K = 4 TO 6 STEP 0,101:A = K * 3,14:
R = 6:C2:D = C+0,101:X = D* (R* COS (A))
6050 Y = R*SIN (A): SET (X + 100, Y + 20):
C = D:NEXTK,
```

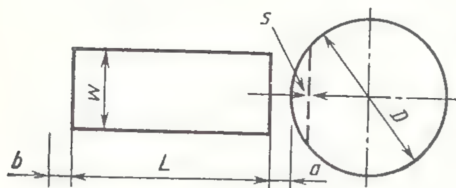


Рис. 2.4. Расположение фрезы и детали (оси детали и фрезы находятся на одной прямой):
1 — деталь; 2 — фреза

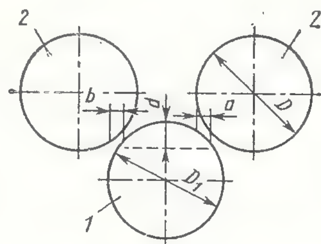


Рис. 2.5. Фрезерование паза в круглой детали:
1 — деталь; 2 — фреза

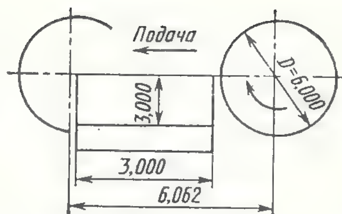


Рис. 2.6. Расположение фрезы и детали в плане [расчетная длина обработки, включая длину подвода и схода фрезы, 6,062 дюйм (154 мм)]

где оператор K=4 TO 6 STEP 0,101 организует 20 итераций цикла с приращением по 0,1, оператор A=K * 3,14 задает начальную точку окружности; R — радиус окружности; оператор Y = R * SIN (A) выдает значение синусоиды.

Третий пример графического изображения, создаваемого на экране, приведен на рис. 2.3.

Четвертый и пятый примеры приведены на рис. 2.4, 2.5.

Для четвертого варианта расположения фрезы относительно детали

$$S = R - 0{,}5\sqrt{4R^2 - W^2},$$

где W — ширина детали.

Для пятого варианта

$$L = 2\sqrt{(D_1 - d)^2 - (d)^2};$$

$$S = \sqrt{D - d + (D_1 * d) - d^2} - \sqrt{D * d - d^2}.$$

Распечатка 2.7 включает результаты расчетов для чернового и чистового фрезерования детали (рис. 2.6).

Расчет стоимости фрезерования

Наименование детали: блок. Номер детали 32 109

Дата 01/01/81

Следующие данные приведены для фрезерования плоскости, параллельной оси фрезы, или фрезерования концевой фрезой из твердого сплава, черновой проход

Расчетная длина обработки 6,062

Рекомендуемая частота вращения 95,4927

Подача дюйм/мин, 6,68449

Время обработки при фрезеровании 0,906875

Оперативное время 1,21688

Производительность, шт/ч, 49,3066

Диаметр фрезы 6

Длина обработки без учета пути подвода, врезания и схода инструмента 3

Число зубьев фрезы 10

Время на установку и снятие детали 0,25

Необходимая частота вращения 86,6

К распечатке 2.7.

Этот модуль можно считать законченным, поскольку он также, как и модуль расчета стоимости обработки на многошпиндельном сверлильном станке, учитывает прочие элементы операции, время

```
COST ESTIMATE - MILLING

PART NAME BLOCK PART NUMBER 32109

                                                        DATE 01/01/81

THE FOLLOWING DATA IS FOR SLAB OR END MILLINGWITH A CARBIDE MILL - ROUGH CUT

THE TOTAL LENGTH OF CUT WITH APPROACH IS 6.062

RPM TO USE IS 95.4927

FEED IN INCHES PER MIN. IS  6.68449

TOTAL MILLING TIME IS .906875

TOTAL OPERATION TIME IS 1.21688

TOTAL PARTS PER HOUR ARE 49.3066

THE CUTTER DIA. IS 6
THE LENGTH OF CUT WITHOUT APPROACH IS 3
NUMBER OF TEETH IN THE CUTTER IS 10
LOAD AND UNLOAD TIME IS .25
NUMBER OF REVS REQUIRED IS 86.6

COST ESTIMATE - MILLING

PART NAME BLOCK PART NUMBER 32109

                                                        DATE 01/01/81

THE FOLLOWING DATA IS FOR SLAB OR END MILLINGWITH A CARBIDE MILL - FINISH CUT

THE TOTAL LENGTH OF CUT WITH APPROACH IS 6.062

RPM TO USE IS 127.324

FEED IN INCHES PER MIN. IS  6.11154

TOTAL MILLING TIME IS .991895

TOTAL OPERATION TIME IS 1.30189

TOTAL PARTS PER HOUR ARE 46.0867

THE CUTTER DIA. IS 6
THE LENGTH OF CUT WITHOUT APPROACH IS 3
NUMBER OF TEETH IN THE CUTTER IS 12
LOAD AND UNLOAD TIME IS .25
NUMBER OF REVS REQUIRED IS 126.292
```

Распечатка 2.7.

на установку и снятие детали. Оперативное время, необходимое для грубой обработки одной детали на первом станке, составляет 1,21688 мин. Оперативное время, необходимое для чистовой обработки одной детали на втором станке, составляет 1,30189 мин.

Ниже приведена программа SFPM вместе с примечаниями, поясняющими основные приемы программирования при расчетах стоимости обработки деталей.

Текст программы SFPM. Программа занимает 17,251 байт памяти. Ее можно рассматривать как четыре отдельные программы, поскольку каждый модуль может быть выполнен самостоятельно (распечатка 2.8).

Можно назвать четыре вероятных способа применения программы.

1. Инженер определяет скорость резания обрабатываемого материала. Если это делается по догадке, нет необходимости использовать ЭВМ.

2. Инженер готовит программу, представляющую собой сокращенный вариант программы SFPM. Модуль расчета стоимости обра-

```
1 REM PROGRAM NAME SFPM
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
4 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
10 CLS
20 PRINT"THIS PROGRAM CALCULATES SFPM , RPM , TIME AND PARTS"
30 PRINT"PER HOUR FOR THE FOLLOWING OPERATIONS"
40 INPUT"ENTER THE PART NAME";W$
41 INPUT"ENTER THE PART NUMBER";X$
42 INPUT"ENTER TODAYS DATE I.E. 01/01/81";Y$
50 PRINT"TYPE IN THE MODULE NUMBER YOU WISH TO USE"
60 PRINT
70 PRINT"TURNING CARBIDE-------------------1"
80 PRINT"TURNING HIGH SPEED STEEL----------2"
90 PRINT"DRILLING --GANG DRILL-------------3"
100 PRINT"MILLING--------------------------4"
110 INPUTN
120 ONNGOTO200,1000,2000,3000
200 REM TURNING CARBIDE
201 CLS
202 PRINT"THIS MODULE IS FOR CARBIDE TURNING"
203 PRINT"THE FINAL PRINT OUT WILL SHOW THE FOLLOWING DATA"
204 PRINT"SFPM IS CALCULATED BY THE COMPUTER"
205 PRINT"A COST SUMMARY IS DEVELOPED FOR 2 CUTTING CONDITIONS"
206 PRINT"THE COMPUTER WILL CALCULATE COSTS FOR 60 MIN. TOOL LIFE"
207 PRINT"AND THE USER IS ASKED TO INPUT A TOOL LIFE CONDITION"
208 PRINT"THAT IS LESS THEN 240 MIN.  FOR WHICH THE COMPUTER"
209 PRINT"WILL CALCULATE THAT COST ALSO":PRINT:PRINT:PRINT
210 INPUT"TYPE 1 TO SEE THE MATERIAL LIST";M
220 ONMGOSUB20000
221 CLS:PRINT"AFTER SELECTING THE MATERIAL , ANSWER THE FOLLOWING"
222 PRINT"QUESTIONS"
230 INPUT"LENGTH OF CUT";L
240 INPUT"STARTING DIAMETER";D1
250 INPUT"FINISHED DIAMETER";D2
260 INPUT"ROUGH CUT TOOL DEPTH";D3
270 INPUT"FEED FOR THE ROUGHING CUT";F1
280 INPUT"FINISH CUT TOOL DEPTH";D4
290 INPUT"FEED FOR THE FINISHING CUT";F2
300 INPUT"SHOP RATE COST PER HOUR";G
310 INPUT"TOOL CHANGE TIME IN MIN.";H
320 INPUT"TOOL LIFE DESIRED , LESS THEN 240 MIN. ";R4
325 INPUT"COST OF 1 SIDE ,CARBIDE INSERT";P
326 GOTO330
327 J=1
328 GOTO360
330 J1=(D1-D2)/2:J2=(J1-D4)/D3:J=INT(J2)
340 IFJ<1THEN327ELSE360
360 R1=D3/.03
370 S1=1/(R1[B)*C
380 R2=F1/.01
390 S2=INT(1/(R2[D)*S1)
400 R3=R4/60
410 S3=INT(1/(R3[A)  *S2)
420 Q1=D4/.03
430 S4=1/(Q1[B)*C
440 Q2=F2/.01
450 S5=INT(1/(Q2[D)*S4)
460 Q3=R4/60
470 S6=INT(1/(Q3[A)*S5)
```

На экран ЭЛТ выводится "меню" для пользователя

В строках 360—470 производится расчет скорости резания, фут/мин

Распечатка 2.8

```
480 U1=INT(S2*3.8197/D2)
490 U2=INT(S5*3.8197/D2)
500 U3=INT(S3*3.8197/D2)
510 U4=INT(S6*3.8197/D2)
520 V1=L/F1
530 V2=L/F2
540 W1=V1/U1
550 W2=V2/U2
560 W3=V1/U3
570 W4=V2/U4
580 W5=(W1*J)+W2
590 W6=(W3*J)+W4
600 K=G/60
610 X1=K*W5
620 X2=K*W6
630 X3=K*H/(60/W5)
640 X4=K*H/(R4/W6)
650 X5=P/(60/W5)
660 X6=P/(R4/W6)
670 X7=X1+X3+X5
680 X8=X2+X4+X6
681 Z1=60/W5
682 Z2=60/W6
683 LPRINTCHR$(27);CHR$(14)"COST ESTIMATE - CARBIDE TURNING"
684 LPRINTCHR$(138):LPRINT"PART NAME ";W$;" PART NUMBER ";X$
685 LPRINTCHR$(138):LPRINT,,,"DATE ";Y$
686 FORI=1TO5:LPRINTCHR$(138):NEXTI
689 LPRINT"THE FOLLOWING DATA IS FOR TWO SETS OF TOOL LIFE"
690 LPRINT" "
691 LPRINTTAB(15);"FOR 60 MIN TOOL LIFE";TAB(40);"FOR";R4;"MIN TOOL LIFE"
692 LPRINT" "
700 LPRINT"SFPM ROUGH";TAB(18);S2;TAB(40);S3
710 LPRINT"SFPM FINISH";TAB(18);S5;TAB(40);S6
720 LPRINT" "
730 LPRINT"RPM ROUGH";TAB(18);U1;TAB(40);U3
740 LPRINT"RPM FINISH";TAB(18);U2;TAB(40);U4
750 LPRINT" "
760 LPRINT"TOTAL CUTTING TIME";TAB(18);W5;TAB(40);W6;" MIN. PER. PC."
761 LPRINT" "
770 LPRINT"TOTAL COST";TAB(18);"$";X7;TAB(40)"$";X8
780 LPRINT" "
790 LPRINT"PARTS PER HOUR";TAB(18);Z1;TAB(40);Z2
791 FORI=1TO3:LPRINT"  ":NEXTI
792 LPRINT"THE MATERIAL IS",A$
800 LPRINT"STARTING DIA. WAS";D1;" INCHES.  FINISHED DIA. IS ";D2; " INCHES"
810 LPRINT"LENGTH OF CUT";L;"INCHES"
811 LPRINT" "
820 LPRINT"ROUGHING DEPTH";D3;"INCHES AT ";F1;"FEED PER REV."
825 LPRINT" "
830 LPRINT"FINISHING DEPTH";D4;"INCHES AT ";F2;"FEED PER REV"
831 LPRINT" "
832 LPRINT"THE TOTAL NUMBER OF CUTS TAKEN IS";J
833 LPRINT" "
840 LPRINT"SHOP RATE $";G;"DOLLARS PER HOUR AND INSERT COST $";P;"PER SIDE"
850 LPRINT"TOOL CHANGE TIME ";H;" MIN. PER CHANGE"
851 INPUT" FOR ANOTHER CALCULATION TYPE 1 OR 2 TO EXIT";A
852 ONAGOTO4,860
860 END

1000 REM TURNING MODULE HHS
1010 PRINT"THIS HIGH SPEED TURNING MODULE PERMITS CALCULATION OF"
1020 PRINT"TIME,SPEED AND COST FOR 60 MIN. TOOL LIFE"
1021 INPUT"TYPE 1 TO SEE THE MATERIAL LIST";M
1030 IFM=1THEN1031
1031 GOSUB20000
```

В строках 480—510 производится расчет ч стоты вращения, об/мин

В строках 580—590 рассчитывается время

Распечатка 2.8 (продолжение)

```
1032 CLS:PRINT"ENTER THE DATA FOR THIS OPERATION, AS ASKED FOR"
1033 PRINT:PRINT:PRINT
1040 INPUT"TYPE IN THE LENGTH OF CUT";L
1050 INPUT"TYPE IN THE STARTING DIAMETER";D1
1060 INPUT"TYPE IN THE FINISHED DIAMETER";D2
1070 INPUT"TYPE IN THE ROUGHING DEPTH OF CUT";D3
1080 INPUT"FEED FOR THE ROUGHING CUT";F1
1090 INPUT"TYPE IN THE FINISHING DEPTH OF CUT";D4
1100 INPUT"FEED FOR THE FINISHING CUT";F2
1110 INPUT"SHOP RATE, COST PER HOUR";G
1120 GOTO1150
1130 J=1
1140 GOTO1190
1150 J1=(D1-D2)/2
1160 J2=(J1-D4)/D3
1170 J=INT(J2)
1180 IFJ<1THEN1130
1190 R1=D3/.03
1200 S1=1/(R1[B)*C
1210 R2=F1/.01
1220 S2=INT(1/(R2[D)*S1)
1230 S3=INT(1 /(60[A1)*S2)
1240 Q1=D4/.03
1250 S4=1/(Q1[B)*C
1260 Q2=F2/.01
1270 S5=INT(1/(Q2[D)*S4)
1280 S6=INT(1/(60[A1)*S5)
1290 U3=INT(S3*3.8197/D2)
1300 U4=INT(S6*3.8197/D2)
1310 V1=L/F1
1320 V2=L/F2
1330 W3=V1/U3
1340 W4=V2/U4
1350 W6=(W3*J)+W4
1360 K=G/60
1370 X2=K*W6
1380 Z1=60/W6
1390 LPRINTCHR$(27);CHR$(14)"COST ESTIMATE - HIGH SPEED TURNING"
1391 LPRINTCHR$(138):LPRINT"PART NAME ";W$;" PART NUMBER ";X$
1392 LPRINTCHR$(138):LPRINT,,,"DATE ";Y$
1393 FORI=1TO5:LPRINTCHR$(138):NEXTI
1400 LPRINT"THE FOLLOWING DATA IS FOR HIGH SPEED STEEL"
1401 LPRINT"AND FOR 60 MIN. TOOL LIFE"
1410 LPRINT" "
1420 LPRINT"SFPM FOR ROUGHING IS";S3
1430 LPRINT"SFPM FOR FINISHING IS";S6
1440 LPRINT" "
1450 LPRINT"RPM FOR ROUGHING IS ";U3
1460 LPRINT"RPM FOR FINISHING IS";U4
1470 LPRINT" "
1480 LPRINT"TOTAL TIME FOR THE ROUGH & FINISH CUTS IS";W6;"MIN. PER PC."
1490 LPRINT"TOTAL OPERATION COST IS      $";X2;"DOLLARS PER PART"
1500 LPRINT" "
1510 LPRINT"PARTS PER HOUR ARE";Z1
1520 LPRINT" "
1530 LPRINT"STARTING DIAMETER WAS";D1;"INCHES. FINISHED DIAMETER IS";D2;"INCHES"
1540 LPRINT"LENGTH OF CUT IS";L;"INCHES"
1550 LPRINT"ROUGHING DEPTH IS";D3;"INCHES AT";F1;"FEED PER REV."
1560 LPRINT"FINISHING DEPTH IS";D4;"INCHES AT";F2:"FEED PER REV."
1570 LPRINT"THE MATERIAL IS  ";A$
1580 LPRINT"SHOP RATE COST PER HOUR IS      $";G
1585 CLS
1590 INPUT"TO PRODUCE A GRAPH OF SFPM VS. FEED TYPE 1";A4
1600 IFA4=1THEN1615
1610 IFA4<>1THEN1740
```

Распечатка 2.8 (продолжение)

```
1615 FORZ=1TO3:LPRINTCHR$(138):NEXTZ
1616 LPRINT"                              SURFACE FEET PER MINUTE"
1620 FORI=S3TOS6STEP15
1630 Z4=Z3+(X*50*(10/(S6-S3))+10):PRINTZ4,S6,S3,X
1631 LPRINTTAB(Z4);I;
1632 Z3=Z3+3
1640 X=X+1
1650 NEXTI
1660 LPRINT" "
1670 FORY=F2TOF1+.005STEP.003
```

В строках 1615—1730 операторы формируют график

```
1680 R2=Y/.01
1690 S2=INT(1/(R2[D)*S4)
1700 S7=INT(1/(60[A1)*S2)
1710 LPRINTY;TAB(5);"FEED";TAB((S7-S3)*(50/(S6-S3))+15);"*"
1720 LPRINT"SFPM";S7
1730 NEXTY
1740 END

2000 REM DRILLING MODULE
2001 CLS
2010 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"COST ESTIMATE - GANG DRILLING "
2011 LPRINTCHR$(138):LPRINT"PART NAME ";W$;" PART NUMBER ";X$
2012 LPRINTCHR$(138):LPRINT,,,"DATE ";Y$:FORI=1TO5:LPRINTCHR$(138):NEXTI
2015 PRINT"DRILLING MODULE"
2016 PRINT
2017 INPUT"ENTER SHOP RATE COST PER HOUR";Z
2018 INPUT"ENTER THE TOTAL QUANITY FOR THIS LOT";Z1
2020 PRINT"THIS PROGRAM CALCULATES TIME FOR GANG DRILLING"
2030 PRINT
2040 PRINT"UP TO 10 HOLES CAN BE ENTERED (PER SET UP)"
2045 PRINT"MATERIAL HARDNESS RANGE CAN BE FROM 150 TO 300 BHN"
2050 INPUT"TYPE IN MATERIAL HARDNESS BHN";H
2060 IFH=>150ANDH=<210THEN2110
2070 IFH=>211ANDH=<225THEN2120
2080 IFH=>226ANDH=<250THEN2130
2090 IFH=>251ANDH=<260THEN2140
2100 IFH=>261ANDH=<300THEN2150
```

← Строки 2060—2150: ЭВМ выбирает скорость резания с учетом твердости материала

```
2110 S=65:GOTO2160
2120 S=60:GOTO2160
2130 S=55:GOTO2160
2140 S=50:GOTO2160
2150 S=45:GOTO2160
2160 INPUT"HOW MANY HOLES ARE TO BE DRILLED IN THIS S/U";N
2161 SU=N*.25+.3
2170 PRINT"AFTER EACH ? TYPE IN THE SIZE OF THAT HOLE"
2180 PRINT"AND ANSWER THE OTHER QUESTIONS ASKED ON THE SCREEN"
2190 T=0:FORI=1TON
2200 INPUT"THE SIZE OF THIS HOLE IS";D(I)
2201 PRINT
2210 INPUT"THE LENGTH OF THIS HOLE IS";L
2219 REM FEED CALC
2220 F=((D(I)/.5)[.8074)*.007
2221 REM RPM
2230 R=S*3.8197/D(I)
2231 REM REV RQD
```

← В строке 2220 рассчитывается значение подач сверла

```
2240 L1=(L+(D(I)*.3))/F
2241 REM TIME
2250 T=L1/R:T1=T1+T
2251 PRINT
2260 PRINT"THE NEXT QUESTIONS ARE OTHER ELEMENTS FOR THIS HOLE"
2261 PRINT
2270 PRINT"ENTER THE TOTAL NO. OF TIMES USED OR 0 IF NOT USED"
2271 PRINT
2280 INPUT"CHANGE SPEED,FEED,ENGAGE FEED,COOLANT OFF OR ON";A
2281 PRINT
```

Распечатка 2.8 (продолжение)

```
2290 A1=A*.05
2300 INPUT"MOVE JIG TO NEXT SPINDLE (INCLUDS TUMBLE)";B
2301 PRINT
2310 B1=B*.05
2320 INPUT"INSPECT HOLE AND OR CHANGE BUSHING";C
2321 PRINT
2330 C1=C*.1
2340 INPUT"SPINDLE TO , FROM , ON , OFF ";D
2341 PRINT
2350 D1=D1*.05
2360 INPUT"CLEAN HOLE";E
2370 E1=E*.1:F1=A1+B1+C1+D1+E1:G=F1+T1
2377 E1=E*.1:F1=A1+B1+C1+D1+E1:G=F1+T
2379 LPRINT"HOLE NUMBER";I
2380 LPRINT"FOR A ";D(I);" INCH DRILL";L;" INCH HOLE LENGTH , USE";F;"FEED";R;"R
PM"
2390 LPRINT"          DRILL TIME ";T;"OTHER ELEMENTS";F1;"TOTAL THIS HOLE";G
2395 LPRINT"     "
2400 T2=T2+G
2410 NEXTI
2420 PRINT"ESTIMATE THE PART WEIGHT & TYPE IN THE NUMBER THAT "
2421 PRINT
2430 PRINT"CORRESPONDS TO THE WEIGHT , FOR LOAD & UNLOAD"
2431 PRINT:PRINT
2440 INPUT"TO 5# (1): TO 10# (2): TO 20# (3): OVER 20# (4)";W
2450 ONWGOTO2460,2470,2480,2490
2460 W=.15:GOTO2491
2470 W=.3:GOTO2491
2480 W=.55:GOTO2491
2490 W=1.05:GOTO2491
2491 LPRINT"TOTAL LOAD AND UNLOAD TIME IS";W
2492 LPRINT"             TOTAL TIME FOR THE OPERATION IS";T2+W
2501 LPRINTCHR$(138)
2510 T3=60/(T2+W)
2520 LPRINT"PARTS PER HOUR ARE";T3
2521 LPRINT"TOTAL COST PER PART NOT INCLUDING SET UP IS $";Z/T3;"DOLLARS PER PC.
"
2522 LPRINT"TOTAL COST INCLUDING SET UP COSTS ARE:"
2523 LPRINT"      QUANITY THIS LOT";Z1;"TOTAL $";(SU/Z1)+(Z/T3)
2525 LPRINT"      SET UP COSTS FOR THIS OPERATION ARE $ ";SU*Z
2530 INPUT"FOR ANOTHER SERIES OF HOLES FOR THIS PART  TYPE 1 OR 2 TO EXIT";X
2540 ONXGOTO2000,2550
2550 END

3000 REM MILLING MODULE:CLEAR100
3010 PRINT"THIS PROGRAM CALCULATES MILLING TIME FOR"
3020 PRINT"HSS AND CARBIDE CUTTERS & FOR 5 DIFFERENT"
3030 PRINT"MILLING CONDITIONS. TYPE 1 TO SEE THE FIRST CONDITION"
3040 PRINT"OR TYPE 1 TO 5 TO SEE ANY OF THE CONDITIONS"
3050 INPUTN:ONNGOTO3060,3150,3270,3390,3490
3060 GOSUB6000
3070 FORX=15956TO15971:POKEX,176:NEXTX
3080 FORY=15828TO15956STEP64:POKEY,170:NEXTY
3090 FORY=15843TO15971STEP64:POKEY,149:NEXTY
3100 PRINT@768,"FOR THIS 1ST CONDITION THE PART IS ON THE SAME"
3110 PRINT@832,"CENTER AS THE CUTTER. THIS CONDITION IS VALID"
3120 PRINT@896,"FOR SLAB OR END MILLING"
3130 PRINT@960,"FOR THE NEXT CONDITION TYPE 2":INPUTN
3140 ONNGOTO3150
3150 GOSUB6000
3160 FORX=15829TO15842:POKEX,176:NEXTX
3170 FORX=15956TO15971:POKEX,176:NEXTX
3180 FORX=15892TO15907:POKEX,136:NEXTX
3190 FORY=15892TO15956STEP64:POKEY,170:NEXTY
3200 FORY=15907TO15971STEP64:POKEY,149:NEXTY
```

Строки 2460—2490 хранят значения нормативов времени на установку и снятие детали

Распечатка 2.8 (продолжение)

```
3210 X=15828:POKEX,160:X=15843:POKEX,144
3220 PRINT@768,"FOR THIS 2ND CONDITION THE PART IS BELOW"
3230 PRINT@832,"THE CENTER LINE OF THE CUTTER. THIS CONDITION"
3240 PRINT@896,"IS VALID FOR SLOT MILLING"
3250 PRINT@960,"FOR THE NEXT CONDITION TYPE 3 ":INPUTN
3260 ONNGOTO3270
3270 GOSUB6000
3280 FORX=15572TO15587:POKEX,131:NEXTX
3290 FORX=15636TO15651:POKEX,130:NEXTX
3300 FORX=15956TO15971:POKEX,176:NEXTX
3310 FORX=15892TO15907:POKEX,144:NEXTX
3320 FORY=15572TO15956STEP64:POKEY,170:NEXTY
3330 FORY=15587TO15971STEP64:POKEY,149:NEXTY
3340 PRINT@768,"FOR THIS 3RD CONDITION THE PART IS WIDER"
3350 PRINT@832,"THEN THE CUTTER. THIS CONDITION IS VALID"
3360 PRINT@896,"FOR FACE MILLING OR END MILLING"
3370 PRINT@960,"FOR THE NEXT CONDITION TYPE 4":INPUTN
3380 ONNGOTO3390
3390 GOSUB6000
3400 FORX=15700TO15715:POKEX,176:NEXTX
3410 FORX=15828TO15843:POKEX,176:NEXTX
3420 FORY=15764TO15828STEP64:POKEY,191:NEXTY
3430 FORY=15779TO15843STEP64:POKEY,191:NEXTY
3440 PRINT@768,"FOR THIS 4TH CONDITION THE PART IS ON THE SAME"
```

С помощью операторов POKE на экране создается чертеж взаимного расположения фрезы и детали

```
3450 PRINT@832,"CENTER AS THE CUTTER AND IS SMALLER THEN THE"
3460 PRINT@896,"CUTTER. THIS CONDITION IS VALID FOR FACE OR "
3470 PRINT@960,"END MILLING. FOR THE LAST CONDITION TYPE 5":INPUTN
3480 ONNGOTO3490
3490 GOSUB6000
3500 FORX=15956TO15976:POKEX,140:NEXTX
3510 FORK=4TO6STEP.101:A=K*3.14:R=6:C=2:D=C+.101:X=D*(R*COS(A))
3520 Y=R*SIN(A):SET(X+60,Y+28):C=D:NEXTK
3525 FORX=15898TO15906:POKEX,132:NEXTX
3530 PRINT@768,"FOR THIS LAST CONDITION THE PART IS ROUND"
3540 PRINT@832,"THIS CONDITION IS VALID FOR SLOT MILLING"
3550 PRINT@896,"TYPE IN THE CONDITION YOU WISH TO WORK WITH"
3560 PRINT@960,"OR TYPE 6 TO START OVER"
3570 INPUTN
3580 ONNGOTO3730,3780,3840,3840,3890
3730 REM LC FOR COND
3731 ZZ$="SLAB OR END MILLING"
3732 PRINTZZ$
3740 INPUT"THE CUTTER DIA";D
3750 INPUT"THE LENGTH OF CUT TO BE MILLED IS";L
3760 L1=L+(D/2)+.062
3770 GOTO3965
3780 REM LC FOR COND 2
3781 ZZ$="SLOT MILLING"
3790 INPUT"THE CUTTER DIA. IS";D
3800 INPUT"LENGTH OF THE WORK TO BE MILLED ";L
3810 INPUT"WIDTH OF THE MILL CUT";W
3811 R2=D/2:R3=R2[2:R4=R2-W:R5=R4[2:R6=SQR(R3-R5)
3820 L1=L+R6+.062
3830 GOTO3965
3840 REM LC FOR COND 3&4
3841 ZZ$="FACE OR END  MILLING"
3850 INPUT"THE CUTTER DIA. IS";D
3851 INPUT"LENGTH OF THE PART TO BE MILLED";L
3860 INPUT"THE WIDTH OF THE SLOT OR PART (COND 3 OR 4) IS";W
3861 R2=D/2:R3=(R2[2)*4:W1=W[2:R4=SQR(R3-W1)/2
3862 R5=R2-R4:L1=L+R5+.062
```

Распечатка 2.8 (продолжение)

```
3880 GOTO3965
3890 REM LC FOR COND 5
3891 ZZ$="SLOT MILLING OF A ROUND PART"
3900 INPUT"CUTTER DIA. IS";D
3910 INPUT"DEPTH OF THE MILLED SLOT IS";D1
3920 INPUT"DIA. OF THE WORK IS";D2
3930 D3=D2/2:D4=D1[2:D5=(2*D1*D3)-D4
3931 L=SQR(D5)*2
3932 A1=D-D1+(D2*D1)-D1[2:A2=SQR(A1)
3933 A3=(D*D1)-D1[2:A4=SQR(A3):A5=A2-A4
3950 L1=L+A5+.062
3960 GOTO3965
3965 INPUT"TYPE 1 TO SEE THE MATERIAL LIST";X
3966 IFX=1THEN3971
3971 GOSUB4000
3972 PRINT"THERE ARE 5 TYPES OF MILLING CONDITIONS THE PROGRAM CALCULATES"
3973 PRINT"TYPE IN THE NUMBER AFTER THE CONDITION YOU WISH"
3974 PRINT"1-----CARBIDE FACE MILLING , ROUGH CUT"
3975 PRINT"2-----CARBIDE FACE MILLING , FINISH CUT"
3976 PRINT"3-----CARBIDE END MILLING"
3977 PRINT"4-----HIGH SPEED STEEL FACE MILLING"
3978 PRINT"5-----HIGH SPEED END MILLING"
3979 INPUTN
3980 ONNGOTO5000,5040,5080,5120,5160
4000 PRINT"MATERIAL SELECTION AND HARDNESS"
4010 PRINT"TYPE IN THE MATERIAL NO. YOU WISH TO WORK WITH"
4020 PRINT"1---ALUMINUM OR MAGNESIUM BHN 21-118"
4030 PRINT"2---BRASS OR BRONZE "
4040 PRINT"3---CAST IRON BHN 150-180"
4050 PRINT"4---CAST OR MALLABLE IRON BHN 180-225"
4060 PRINT"5---CAST IRON BHN 225-350"
4070 PRINT"6---CAST STEEL"
4080 PRINT"7---STEEL BHN 100-150"
4090 PRINT"8---STEEL BHN 150-250"
4100 PRINT"9---STEEL OR STAINLESS BHN 250-350"
4110 PRINT"10--STEEL BHN 350-450"
4120 INPUTN
4130 ONNGOTO4150,4160,4170,4180,4190
4140 ONN-5GOTO4200,4210,4220,4230,4240
4141 REM A=FEED RC,B=SFPM RC,C=FEED FC,D=SFPM FC
4142 REM E=FEED EM =C,F=SFPM EM=D
4143 REM MG=HSSRSFPM,H=HSSRFEED,I=HSSFSFPM,J=HSSFFEED
4150 A=.02:B=1500:C=.007:K=2250:E=C:F=K:G=.02:H=400:I=.01:J=700
4151 RETURN
4160 A=.015:B=350:C=.007:K=500:E=C:F=K:G=.009:H=200:I=.005:J=300
4161 RETURN
4170 A=.02:B=325:C=.01:K=500:E=C:F=K:G=.016:H=80:I=.008:J=120
4171 RETURN
4180 A=.011:B=230:C=.007:K=350:E=C:F=K:G=.013:H=60:I=.007:J=110
4181 RETURN
4190 A=.007:B=150:C=.004:K=200:E=C:F=K:G=.011:H=50:I=.006:J=90
4191 RETURN
4200 A=.008:B=150:C=.005:K=300:E=C:F=K:G=.012:H=50:I=.006:J=80
4201 RETURN
4210 A=.012:B=600:C=.007:K=700:E=C:F=K:G=.01:H=90:I=.005:J=120
4211 RETURN
4220 A=.012:B=375:C=.007:K=500:E=C:F=K:C=.008:H=80:I=.004:J=90
4221 RETURN
4230 A=.012:B=250:C=.003:K=350:E=C:F=K:G=.006:H=70:I=.003:J=80
4231 RETURN
4240 A=.012:B=150:C=.007:K=225:E=C:F=K:G=.004:H=150:I=.002:J=60
4241 RETURN
5000 PRINT"THIS SECTION CALCULATES CARBIDE FACE MILLING , ROUGH"
5001 ZX$="WITH A CARBIDE MILL - ROUGH CUT"
5010 INPUT"NUMBER OF TEETH IN THE CUTTER";N
```

Строки 4000—4110: "меню" для выбора материала

В строках 4150—4241 хранятся значения скоростей и подач для модуля 4

Распечатка 2.8 (продолжение)

```
5020 R=(B*12)/(D*3.1416):F1=A*N*R:R1=L1/(A*N):T=R1/R
5030 GOTO5200
5040 PRINT"THIS SECTION CALCULATES CARBIDE FACE MILLING , FINISH"
5041 ZX$="WITH A CARBIDE MILL - FINISH CUT"
5050 INPUT"NUMBER OF TEETH IN THE CUTTER";N
5060 R=(K*12)/(D*3.1416):F1=C*N*R:R1=L1/(C*N):T=R1/R
5070 GOTO5200
5080 PRINT"THIS SECTION CALCULATES CARBIDE END MILLING"
5081 ZX$="USING A CARBIDE END MILL"
5090 INPUT"NUMBER OF TEETH IN THE CUTTER";N
5100 R=(F*12)/(D*3.1416):F1=E*N*R:R1=L1/(E*N):T=R1/R
5110 GOTO5200
5120 PRINT"THIS SECTION CALCULATES HSS FACE MILLING"
5121 ZX$="USING A HIGH SPEED FACE MILL"
5131 INPUT"NUMBER OF TEETH IN THE CUTTER";N
5140 R=(H*12)/(D*3.1416):F1=G*N*R:R1=L1/(G*N):T=R1/R
5150 GOTO5200
5160 PRINT"THIS SECTION CALCULATES HSS END MILLING"
5161 ZX$="USING A HIGH SPEED END MILL"
5170 INPUT"NUMBER OF TEETH IN THE CUTTER";N
5180 R=(J*12)/(D*3.1416):F1=I*N*R:R1=L1/(I*N):T=R1/R
5190 GOTO5200
5200 REM OTHER ELEMENTS
5210 PRINT"THE NEXT SERIES OF QUESTIONS ARE FOR OTHER ELEMENTS"
5220 PRINT"TYPE IN THE NUMBER OF TIMES YOU WISH"
5230 PRINT"EACH ELEMENT TO BE USED OR 0 IF NOT USED"
5241 INPUT"RAPID ADVANCE TO OR FROM WORK";M
5250 M1=M*.03
5260 INPUT"COOLANT ON OR OFF OR ADJUSTED";P
5270 P1=P*.04
5280 INPUT"START AND OR STOP CYCLE";Q
5290 Q1=Q*.03
5300 PRINT"LOAD AND UNLOAD"
5310 PRINT"TYPE IN THE NUMBER THAT CORRESPONDS TO THE PART WEIGHT"
5320 INPUT"TO 5# (1),TO 10# (2),TO 15# (3),OVER 20# (4)";U
5330 ONUGOTO5340,5341,5342,5343
5340 U=.25:GOTO5350
5341 U=.4:GOTO5350
5342 U=.9:GOTO5350
5343 U=1.15:GOTO5350
5350 T2=T+U+M1+P1+Q1
5351 LPRINTCHR$(27);CHR$(14)"COST ESTIMATE - MILLING"
5352 LPRINTCHR$(138):LPRINT"PART NAME ";W$;" PART NUMBER ";X$
5353 LPRINTCHR$(138):LPRINT,,,"DATE ";Y$:FORI=1 TO 5 :LPRINTCHR$(138):NEXTI
5360 LPRINT"THE FOLLOWING DATA IS FOR ";ZZ$ ; ZX$
5361 LPRINT:LPRINT" "
5370 LPRINT"THE TOTAL LENGTH OF CUT WITH APPROACH IS";L1
5380 LPRINTCHR$(138)
5390 LPRINT"RPM TO USE IS";R
5400 LPRINTCHR$(138)
5410 LPRINT"FEED IN INCHES PER MIN. IS ";F1
5420 LPRINTCHR$(138)
5430 LPRINT"TOTAL MILLING TIME IS";T
5440 LPRINTCHR$(138)
5450 LPRINT"TOTAL OPERATION TIME IS";T2
5460 LPRINTCHR$(138)
5470 LPRINT"TOTAL PARTS PER HOUR ARE";60/T2
5471 LPRINTCHR$(138)
5472 LPRINT"THE CUTTER DIA. IS";D
5473 LPRINT"THE LENGTH OF CUT WITHOUT APPROACH IS";L
5474 LPRINT"NUMBER OF TEETH IN THE CUTTER IS";N
5475 LPRINT"LOAD AND UNLOAD TIME IS";U
5476 LPRINT"NUMBER OF REVS REQUIRED IS";R1
5480 INPUT"TO CALCULATE ANOTHER CUT TYPE 1 OR 2 TO EXIT";Z
5490 ONZGOTO3000,5500
```

Распечатка 2.8 (продолжение)

```
5500 END
6000 CLS
6010 PRINT@148,"PART":PRINT@165,"CUTTER"
6020 FORX=15744TO15807:POKEX,176:NEXTX
6030 FORY=15538TO16050STEP64:POKEY,170:NEXTY
6040 FORK=4TO6STEP.101:A=K*3.14:R=6:C=2:D=C+.101:X=D*(R*COS(A))
6050 Y=R*SIN(A):SET(X+100,Y+20):C=D:NEXTK
6060 RETURN
```

Строки 6000—6060 формируют графическое изображение фрезы в виде окружности.
Подпрограмма используется 6 раз и вызывается оператором GOSUB.

```
20000 PRINT"TYPE IN THE NUMBER NEXT TO THE MATERIAL"
20001 PRINT"YOU WISH TO WORK WITH"
20010 PRINT"1--1018--1020--BHN 150"
20020 PRINT"2--1040--BHN--180I"
20030 PRINT"3--1045--BHN 270"
20040 PRINT"4--1050--1060--52100--BHN 225"
20050 PRINT"5--1095--BHN 225"
20055 PRINT"6--1335 BHN 209"
20060 PRINT"7--3140--BHN 275"
20080 PRINT"8--4130--4340--6150--BHN 200"
20090 PRINT"9--4140--4340--5132--BHN 300"
20100 PRINT"10-4150--4815--BHN 250"
20110 PRINT"11-4320--BHN 200"
20120 PRINT"12-8620--BHN 175"
20130 INPUTM
20140 ONMGOTO20170,20180,20190,20200,20210
20150 ONM-5GOTO20220,20230,20240,20250,20260
20160 ONM-10GOTO20270,20280
20170 A=.4445:B=.1423878:C=947:D=.4274194:A1=.478
20171 A$="AISI 1018,1020--BHN 150":RETURN
20180 A=.4445:B=.1403315:C=766:D=.4268478:A1=.488
20181 A$="AISI 1040--BHN 180":RETURN
20190 A=.4445:B=.144557:C=451:D=.4244958:A1=.415
20191 A$="AISI 1045--BHN 270 ":RETURN
20200 A=.4445:B=.1398564:C=552:D=.4295068:A1=.425
20201 A$="AISI 1050,1060,52100--BHN 225":RETURN
20210 A=.4445:B=.1403514:C=507:D=.4276384:A1=.44
20211 A$="AISI 1095--BHN 225":RETURN
20220 A=.4445:B=.1416237:C=631:D=.4285519:A1=.449
20221 A$="AISI 1335--BHN 209":RETURN
20230 A=.4445:B=.1415539:C=428:D=.4249875:A1=.425
20231 A$="AISI 3140--BHN 275":RETURN
20240 A=.4445:B=.1412583:C=654:D=.427253:A1=.457
20241 A$="AISI 4130,4340,6150--BHN 200":RETURN
20250 A=.4445:B=.1424077:C=383:D=.4275653:A1=.454
20251 A$="AISI 4140,4340,5132--BHN 300":RETURN
20260 A=.4445:B=.143763:C=485:D=.424931:A1=.454
20261 A$="AISI 4150,4815--BHN 250":RETURN
20270 A=.4445:B=.1411354:C=676:D=.4268544:A1=.445
20271 A$="AISI 4320--BHN 200":RETURN
20280 A=.4445:B=.142019:C=800:D=.4276947:A1=.475
20281 A$="AISI 8620--BHN 175":RETURN
20290 END
```

Программа содержит все параметры степенных зависимостей, используемых для расчета скорости резания. Она может быть использована как подпрограмма в любой программе, связанной с токарной обработкой.

Распечатка 2.8 (продолжение)

ботки на многошпиндельном сверлильном станке является примером такого подхода. В зависимости от твердости материала ЭВМ выбирает одно из пяти заданных значений скорости резания (строки 2060—2150).

3. Инженер готовит программу, содержащую массивную подпрограмму, в которой хранятся параметры режимов резания. Примером может служить модуль 4. В строках 4000—4241 пользователь выбирает один из 10 различных материалов. После того как пользователь введет номер материала, программа присваивает всем установленным переменным соответствующие значения, хранимые в подпрограмме. Наименования переменных раскрываются в строках 4141—4143 с помощью оператора REM. Используются только те переменные, которые необходимы для выбранного типа обработки и инструмента. Другие переменные не рассматриваются.

4. Инженер использует модули 1 и 2 для расчета скорости резания. Поскольку на эту тему имеется очень немного публикаций, ниже приведен алгоритм такого расчета.

Алгоритм расчета постоянных величин в программе SFPM (модули 1 и 2). Скорость резания y зависит от глубины резания x_1, подачи x_2 и стойкости инструмента x_3. Эта зависимость выражается формулой:

$$y = a_0 x_1^{-b_1} x_2^{-b_2} x_3^{-b_3},$$

где $a_0 = \text{const}$.

Константы, используемые в программе SFPM, представляют собой значения параметров a_0, b_1 — b_3, рассчитанные для каждого вида материала. Для расчета использовались данные справочника «Валенайт хэнди референс». Например, для стали AISI 1018—1020 (*HB* 150) при глубине резания 0,03 дюйм (0,76 мм), подаче 0,01 дюйм (0,254 мм) и стойкости инструмента 60 мин в справочнике дана скорость резания 947 фут/мин (288 м/мин). При неизменных подаче и стойкости инструмента и глубине резания 0,06 дюйм (1,52 мм) скорость резания составляет 858 фут/мин (262 м/мин).

Можно записать:

$$947 = a_0 \cdot 0{,}030^{-b1} \cdot 0{,}010^{-b2} \cdot 60^{-b3};$$

$$858 = a_0 \cdot 0{,}060^{-b1} \cdot 0{,}010^{-b2} \cdot 60^{-b3}.$$

Поделив первое равенство на второе, получим

$$\frac{947}{858} = 2^{b1}, \text{ откуда}$$

$$b_1 = \lg(947/858)/\lg 2 = 0{,}1423878.$$

При тех же глубине резания и стойкости инструмента и подаче 0,02 дюйм (0,508 мм) скорость резания составляет 638 фут/мин (194 м/мин):

$$858 = a_0 \cdot 0{,}060^{-b_1} \cdot 0{,}010^{-b_2} \cdot 60^{-b_3};$$

$$638 = a_0 \cdot 0{,}060^{-b_1} \cdot 0{,}020^{-b_2} \cdot 60^{-b_3}.$$

Снова разделим первое равенство на второе:

$$858/638 = 2^{b_2}, \text{ откуда } b_2 = \lg(858/638)/\lg 2 = 0{,}4274191.$$

Аналогично определяется b_3. В программе SFPM хранятся значения $b_1 \div b_3$ для каждого материала, что позволяет рассчитать скорость резания для любых условий обработки. Так, в строке 20170 программы записано: А = 0,4445 (b_3); В = 0,1423878 (b_1); С = 947 (начальная скорость резания); D = 0,4274191 (b_2).

Допустим, требуется рассчитать скорость резания в следующем примере: сталь AISI 1018, *HB* 150; начальная скорость резания 947 фут/мин (288 м/мин); глубина резания 0,03 дюйм (0,76 мм); подача 0,01 дюйм (0,254 мм); стойкость инструмента 240 мин.

Начальной скорости резания соответствуют следующие условия обработки: глубина резания 0,03 дюйм, подача 0,01 дюйм, стойкость инструмента 60 мин:

$$947 = a_0 \cdot 0{,}030^{-b_1} \cdot 0{,}010^{-b_2} \cdot 60^{-b_3}.$$

Искомая скорость резания

$$y = a_0 \cdot 0{,}030^{-b_1} \cdot 0{,}010^{-b_2} \cdot 240^{-b_3}.$$

Поделив второе уравнение на первое, получим:

$$y/947 = (240/60)^{-b_3} \text{ или}$$

$$y = 947 \cdot 4^{-0{,}4445} = 511{,}3 \text{ фут/мин.}$$

По справочнику скорость резания 511 фут/мин (156 м/мин). Константа А1 хранится в программе только для марок быстрорежущей стали. Поскольку ЭВМ не рассчитывает степеней с отрицательными показателями, скорость резания представлена в программе как частное от деления единицы на произведение степеней с положительными показателями. Примерно те же значения можно получить графоаналитическим методом. Однако по точности этот метод уступает расчетам на ЭВМ.

В основной программе употреблен оператор INT(X), который отсекает дробную часть числа. Вот почему значения, с которыми оперирует программа SFPM, почти не отличаются от значений, приведенных в справочнике.

2.4. ПРОГРАММА FORGE

Программа занимает 11500 байт оперативной памяти.

Эта программа представляет собой важный пример расчета стоимости обработки. Программа разработана и написана Марком Пулсифером и Эдвардом Пети. Расчеты выполняются в той же последовательности, что и при заполнении вручную формы документов по калькуляции стоимости обработки.

В начале работы программы на экран выводится перечень (меню) типовых операций, выполняемых при кузнечно-прессовых работах: формовка, объемная штамповка, правка, обрезка. Когда пользова-

тель завершает «обработку давлением», он вводит цифру 8, и программа выходит из цикла, заданного операторами FOR — NEXT. Такой подход к программированию заслуживает внимания, поскольку так следует писать большинство программ расчета стоимости.

Следующая особенность программы FORGE заключается в том, что пользователь должен задать для каждой операции производительность оборудования. Здесь возможны различные оценки, поэтому подобные программы приводят к некоторым неточностям, характерным для расчетов с использованием готовых форм документов.

Перед студентами, авторами программы, была поставлена задача использовать технологический документ как формат для написания программы. Именно этим объясняется способ задания производительности оборудования. Авторы показывали работу программы на одной из конференций по вопросам обработки металлов давлением. Реакция некоторых участников была просто восторженной. Они были поражены быстротой, с которой ЭВМ выводила результаты расчетов, учитывающих всевозможные затраты, связанные с обработкой деталей. Все данные о затратах на оборудование, оплату труда основных и вспомогательных рабочих хранятся в программе. Это уменьшает число данных, вводимых инженером. Содержащиеся в программе данные при необходимости могут корректироваться ежеквартально (распечатка 2.9).

```
5 REM LIST OF VARIBLES
10 A$ = "*** FORGE ESTIMATE ***":B$="DATE OF INQUIRY":C$="CUSTOMERS NAME"
15 D$="CUSTOMERS ADDRESS":E$="ANNUAL QUANTITY":F$="PART NAME":G$="PART NUMBER":H
$="OPERATION SELECTION"
20 K$="1) BLANK OR BLOCK":L$="2) FORGE":M$="3) UPSET":N$="4) RESRIKE"
25 O$="5) TRIM (HOT-COLD)":P$="6) PUNCH":Q$="7) ROUGH GRIND":R$="8) SELECTION OF
 OPERATIONS COMPLETED"
100 CLS:PRINT:PRINT,A$
102 PRINT:PRINT"TO CLEAR SREEN OF INSTRUCTIONS ENTER -1- "
105 PRINT:PRINT"YOU MAY USE UP TO THREE DIFFERENT RUN QUANTITIES TO COMPARE THE
COST AND TIME REQD.  THE FIRST TIME THRU THE PROGARM YOU WILL BEREQUIRED TO ENTE
R THE NECESSARY DATA.  THE COMPUTOR WILL THEN   CALCUL. THE OTHER RUN QUANTITIES
 AND";
110 PRINT" GIVE A TOTAL SUMMARY."
115 PRINT:PRINT"AS YOU GO THRU THE PROGRAM FOLLOW THE INSTRUCTIONS AND ENTER THE
CORRECT DATA ASKED FOR.  AFTER YOU HAVE ENTERED THE DATA REQD.  PRESS -ENTER-.
**THANK-YOU**"
117 INPUT IC
200 CLS:PRINT,A$:PRINT
205 PRINTB$"    (I.E. (MM/DD/YY)":INPUTB1$:PRINTC$:INPUTC1
210 PRINTD$:INPUTD1$:PRINTE$:INPUTE1
215 PRINTF$:INPUTF1$:PRINTG$:INPUTG1$
220 GOSUB 1600
225 GOSUB 1100
230 GOSUB 1640
235 CLS:PRINT:INPUT"HOW MANY DIFFERENT RUN (SIZE) QUANTITIES DO YOU WISH TO USE
;   THE LIMIT IS THREE ";DJ
240 FORDC=1TODJ
245 PRINT:PRINT"WHAT IS THE QUANTITY FOR RUN --";DC:INPUTX(DC)
250 NEXT DC
255 FORY=1TO8:CLS:PRINT,A$:PRINT:PRINTH$:PRINT:PRINTK$
260 PRINTL$:PRINTM$:PRINTN$:PRINTO$:PRINTP$:PRINTQ$:PRINTR$
265 PRINT:INPUT"TYPE IN THE NO. CORRESPONDING WITH OPERATION DESIRED. ";AA
280 LET V(Y)=AA
282 IFAA=8THEN 355
285 REM MACH. SELECTION LIST
```

Распечатка 2.9

```
290 CLS:PRINT,"*** EQUIPMENT ***":PRINT
295 PRINT"1) 2000 LB. BOARD DROP HAMMER","10) 1500 TON FORGE PRESS"
300 PRINT"2) 3000 LB. BOARD DROP HAMMER","11) 3000 TON FORGE PRESS"
305 PRINT"3) 5000 LB. BOARD DROP HAMMER","12) 1000 TON COINING PRESS"
310 PRINT"4) 3000 LB. STEAM DROP HAMMER","13) 50 TON TRIM PRESS"
315 PRINT"5) 6000 LB. STEAM DROP HAMMER","14) 100 TON TRIM PRESS"
320 PRINT"6) 12000 LB. STEAM DROP HAMMER","15) 50 TON COLD TRIM PRESS"
325 PRINT"7) 20000 LB. STEAM DROP HAMMER","16) 100 TON COLD TRIM PRESS"
330 PRINT"8) 3-INCH FORGE MACHINE","17) SNAGING OR GRINDING"
335 PRINT"9) 6-INCH FORGE MACHINE"
340 PRINT:INPUT"TYPE IN THE NO. CORRESPONDING WITH DESIRED EQUIP. ";W(Y)
345 INPUT"WHAT IS THE PROD. / HR. FOR THIS EQUIP. ";U(Y)
350 NEXTY
355 FOR EE=1TODJ
360 PRINT"THIS IS A SUMMARY FOR RUN SIZE"X(EE)
362 LPRINT" ":LPRINT"            SUMMARY OF DATA FOR SELECTED OPERATION":LPRINT" "
364 LPRINT"THIS IS A SUMMARY FOR RUN SIZE OF "X(EE):LPRINT" "
365 LET TC=0:RC=0
370 FOR X=1TO8
371 IF V(L)=8THEN645
372 IF V(X)=8THEN645
375 ON W(X) GOTO 395,405,415,425,435,445
380 ON W(X)-6 GOTO 455,465,475,485,495,505
385 ON W(X)-12 GOTO 515,525,535,550,560
390 REM DATA FOR EQUIP.
395 LETY=15.00:F=9.00:T=1:R=5.50:H=2:W=3.5:S=65
400 Z$="2000 LB. BOARD DROP HAMMER":GOTO570
405 LET Y=21:F=12:T=1:R=5.5:H=2:W=3.5:S=90
410 Z$="3000 LB. BOARD DROP HAMMER":GOTO570
415 LET Y=34:F=14:T=1:R=5.5:H=2:W=3.5:S=140
420 Z$="5000 LB. BOARD DROP HAMMER":GOTO 570
425 LET Y=36:F=14:T=1:R=5.5:H=2:W=3.5:S=140
430 Z$="3000 LB. STEAM DROP HAMMER":GOTO570
435 LET Y=5:F=18:T=1:R=5.5:H=2:W=3.5:S=200
440 Z$="6000 LB. STEAM DROP HAMMER":GOTO570
445 LET Y=75:F=23:T=1:R=5.5:H=2:W=3.5:S=400
450 Z$="12000 LB. STEAM DROP HAMMER":GOTO570
455 LET Y=100:F=35:T=1:R=5.5:H=2:W=3.5:S=800
460 Z$="20000 LB. STEAM DROP HAMMER":GOTO570
465 LET Y=20:F=10:T=1:R=5.5:H=2:W=3.5:S=150
470 Z$="3-INCH FORGE MACHINE":GOTO570
475 LET Y=55:F=25:T=1:R=5.5:H=2:W=3.5:S=300
480 Z$="6-INCH FORGE MACHINE":GOTO570
485 LET Y=40:F=15:T=1:R=5.5:H=2:W=3.5:S=150
490 Z$="1500 TON FORGE PRESS":GOTO570
495 LET Y=20:F=0:T=1:R=5.5:H=2:W=3.5:S=50
500 Z$="3000 TON FORGE PRESS":GOTO570
505 LET Y=20:F=10:T=1:R=5.5:H=2:W=3.5:S=150
510 Z$="1000 TON COINING PRESS":GOTO570
515 LET Y=40:F=15:T=1:R=5.5:S=250
520 Z$="50 TON HOT TRIM PRESS":GOTO570
525 LET Y=30:F=15:T=1:R=5.5:S=200
530 Z$="100 TON HOT TRIM PRESS":GOTO570
535 LET Y=50:F=0:T=1:R=5.5:S=300
540 Z$="50 TON TRIM PRESS":GOTO570
550 LET Y=50:F=0:T=1:R=5.5:H=2:W=3.5:S=300
555 Z$="100 TON TRIM PRESS":GOTO810
560 LET Y=6:T=1:R=5.5:Z$="SNAGGING OR GRINDING":GOTO570
565 REM CALCUL. COST
570 LET Z=X(EE)/U(X):R=R*T:W=W*H
575 LET RC=(Z*Y)+(Z*F)+(Z*R)+(Z*W)+S
580 LET TC=TC+RC
585 REM PRINT DATA
590 CLS:PRINT:PRINT"            SUMMARY OF DATA FOR SELECTED OPERATION"
591 LPRINT" "
```

Распечатка 2.9 (продолжение)

```
595 ON V(X) GOTO 1060,1065,1070,1075,1080,1085,1090
600 PRINT "EQUIPMENT USED",,Z$:LPRINT "EQUIPMENT USED",,Z$
605 PRINT "PROD./HR.",,U(X):LPRINT "PROD./HR. ",,U(X)
610 PRINT "MACHINE RATE",,"$"Y"/HR.":LPRINT "MACHINE RATE",,"$"Y"/HR."
615 PRINT "SET UP COST",,"$"S:LPRINT "SET UP COST",,"$"S
620 PRINT "NO. OF OPER.","      "T,"RATE/HR.","$"R:LPRINT "NO. OF OPER.","      "T
,"RATE/HR.","$"R
625 PRINT "NO. OF HEPLERS","      "H,"RATE/HR.","$"W:LPRINT "NO. OF HEPLERS","
  "H,"RATE/HR.","$"W
630 PRINT "TOTAL HRS./OPER.",Z:LPRINT "TOTAL HRS./OPER.",Z
635 PRINT "RUN COST/OPER.",,"$"RC:LPRINT "RUN COST/OPER.",,"$"RC
640 NEXT X
645 LET TC(EE)=TC
650 NEXT EE
651 STOP
700 REM OTHER ADDED COST
702 LPRINT" ":LPRINT" ":LPRINT,"ADDED OPERATIONS":LPRINT" "
705 FOR I=1TO8
710 CLS:PRINT "**** OTHER ADDED COST ****":PRINT
715 PRINT "1) CUTTING AND HANDLING":PRINT "2) PRODUCT HANDLING AND SHIPPING"
720 PRINT "3) LABORATORY":PRINT "4) PICKLING":PRINT "5) TUMBLE OR SAND BLAST"
725 PRINT "6) HEAT TREAT":PRINT "7) ANN. - NORM.":PRINT R$
730 PRINT:PRINT "TYPE IN THE NO. CORRESPONDING WITH THE OPERATION":PRINT "YOU DE
SIRE TO HAVE ADDED TO EXISTING OPERATIONS."
740 INPUT G(I)
742 IFG(I)=8THEN745
743 NEXT I
744 STOP
745 FOR BB=1TODJ
748 LPRINT" ":LPRINT"ADDED COST FOR THE RUN SIZE OF "X(BB):LPRINT" "
750 FOR J=1TO8:IFV(J)=8THEN800
752 ON G(J) GOTO 755,760,765,770,773,775,780
755 LET AD=(.1*NW)*X(BB)
756 LPRINT"THE COST OF CUTTING AND HANDLING IS $"AD:GOTO 790
760 LET AD=(.15*NW)*X(BB)
762 LPRINT"THE COST OF PRODUCT HANDLING AND SHIPPING IS $"AD:GOTO790
765 LET AD=(.01*NW)*X(BB)
767 LPRINT"THE COST OF LABORATORY WORK IS $"AD:GOTO790
770 LET AD=(.02*NW)*X(BB)
772 LPRINT"THE COST OF PICKLING IS $"AD:GOTO790
773 LET AD=(.05*NW)*X(BB)
774 LPRINT"THE COST OF TUMBLE OR SAND BLAST CLEANING IS $"AD:GOTO790
775 LET AD=(.08*NW)*X(BB)
776 LPRINT"THE COST OF HEAT-TREATMENT IS $"AD:GOTO 790
780 LET AD=(.06*NW)*X(BB)
782 LPRINT"THE COST OF ANN. - NORM. IS $"AD:GOTO790
785 REM ACCUM. ADDED COST
790 LET AD1=AD1+AD
795 NEXT J
800 LET AD(BB)=AD1
805 LPRINT" ":LPRINT"OTHER ADDED COST FOR THE RUN QUAINTY OF"X(BB)"=$ "AD(BB):LP
RINT" "
810 NEXT BB
820 LET LN=(E1/200)*CK
825 LET MT=(LN*350)
827 IF LN 1THENLN=1
828 LPRINT" ":LPRINT" ":LPRINT,"DIE MAINTENACE":LPRINT" "
830 LPRINT" ":LPRINT "THERE WILL BE APPROXMATELY "LN" TIMES THE DIES WILL BE DOW
N FOR MAINTENANCE"
835 LPRINT"THE COST OF DIE MAINTENANCE WILL BE $ "MT
840 REM CALCUL. FOR SUMMARY
845 FOR PP=1TODJ
850 PRINT:PRINT,"*** SUMMARY ***":LPRINT" ":LPRINT,"*** SUMMARY ***":LPRINT" "
852 PRINT"FOR THE RUN SIZE OF"X(PP):PRINT:LPRINT"FOR THE RUN SIZE OF "X(PP):LPRI
NT" "
```

Распечатка 2.9 (продолжение)

```
855 PRINT"THE TOTAL CONVERSION COST IS "TC(PP)+AD(PP)+MT:LPRINT"THE TOTAL CONVER
SION COST IS $ "TC(PP)+AD(PP)+MT
860 PRINT"THE TOTAL MAT'L WEIGHT IS "NW*X(PP)" LBS. @ $ "ST*X(PP):LPRINT"THE TOT
AL MAT'L WEIGHT IS "NW*X(PP)" LBS. @ $ "ST*X(PP)
865 PRINT"THE REJECTION RATE IS AT 3% OF THE SUB-TOTAL, WHICH IS $"((ST*X(PP))+T
C(PP)+AD(PP)+MT)*.03:LPRINT"THE REJECTION RATE IS 3% OF THE SUB-TOTAL, WHICH IS
$ "((ST*X(PP))+TC(PP)+AD(PP)+MT)*.03
870 PRINT "THE FACTORY COST IS $ "((ST*X(PP))+AD(PP)+MT+TC(PP))*1.03:LPRINT"THE
FACTORY COST IS $ "((ST*X(PP))+AD(PP)+MT+TC(PP))*1.03
875 PRINT"THE SALES & ADMINISTRATIVE COST IS $ "(((ST*X(PP))+TC(PP)+AD(PP)+MT)*1
.03)*.15:LPRINT"THE SALES & ADMTMSTRATIVE COST IS $ "(((ST*X(PP))+TC(PP)+AD(PP)+
MT)*1.03)*.15
880 PRINT"THE TOTAL COST IS $ "(((ST*X(PP))+AD(PP)+TC(PP)+MT)*1.03)*1.15:LPRINT"
THE TOTAL COST IS $ "(((ST*X(PP))+AD(PP)+TC(PP) +MT)*1.03)*1.15
882 NEXT PP
885 PRINT:INPUT"DO YOU WISH TO RUN THIS PROGRAM AGAIN, IF SO TYPE IN - Y - FOR Y
ES ELSE - N - FOR NO. ";EL$
890 IF EL$="Y"THEN200
895 END
1060 PRINT:PRINT H$,K$  :LPRINT H$,K$: GOTO  600
1065 PRINT:PRINT H$,L$ :LPRINT H$,L$: GOTO 600
1070 PRINT:PRINT H$,M$  :LPRINT H$,M$: GOTO  600
1075 PRINT:PRINT H$,N$  :LPRINT H$,N$: GOTO  600
1080 PRINT:PRINT H$,O$  :LPRINT H$,O$: GOTO  600
1085 PRINT:PRINT H$,P$  :LPRINT H$,P$: GOTO  600
1090 PRINT:PRINT H$,Q$  :LPRINT H$,Q$: GOTO  600
1100 CLS:PRINT"          ** CALCUL. OF SLUG WEIGHT **"
1105 PRINT:PRINT,"MATL. SELECTION"
1110 PRINT:PRINT"1) ALUMINUM",,"6) MOLYBDENUM"
1115  PRINT"2) BRASS,FORGING","7) MONEL"
1120 PRINT"3) COPPER,FORGING","8) STEEL(CAST,CARBON,ALLOY,CR.)"
1125 PRINT "4) IRON,WROGHT",,"9) STEEL,14% TUNGSTEN"
1130 PRINT "5) MAGNESIUM",,"10) STEEL,22% TUNGSTEN"
1135 PRINT:PRINT"TYPE IN THE NO. CORRESPONDING WITH THE MAT'L"
1140 INPUT"OF WHICH FORGING WILL BE MADE OF. ";MS
1142 ON MS GOSUB 1300,1305,1310,1315,1320,1325,1330,1335,1340,1345
1144 CLS:PRINT:PRINT"          *** CALCUL. OF SLUG WEIGHT CONT. ***"
1145 PRINT:PRINT"                GEOMETRIC SHAPE OF SLUG "
1146 PRINT:PRINT"1) RECTANGULAR PRISM OR SQUARE"
1147 PRINT "2) RIGHT CYLINDER"
1148 PRINT "3) TRIANGULAR PRISM"
1149 PRINT:PRINT "TYPE IN THE NO. CORRESPONDING WITH THE GEOMETRIC"
1150 INPUT "SHAPE BEST SUITED FOR FORGING SLUG. ";SH
1151 ON SH GOSUB 1160,1355,1480
1155 RETURN
1160 CLS:FOR L5= 15 TO 30
1161 PRINT @ 273,"-C-"
1165 SET(L5,5) : SET(L5,20)
1170 NEXT L5
1175 FOR M5=5 TO 20
1180 SET(15,M5):SET(30,M5)
1185 NEXT M5
1190 FOR A5=60 TO 120
1195 SET(A5,5):SET(A5,20)
1200 NEXT A5
1205 FOR B5=5 TO 20
1210 SET(60,B5):SET(120,B5)
1215 NEXT B5
1220 FOR J5 = 22 TO 25
1225 SET(15,J5):SET(30,J5):SET(60,J5):SET(120,J5)
1230 NEXT J5
1235 FOR K5=33 TO 38
1240 SET(K5,5):SET(K5,20)
1245 NEXT K5
1255 PRINT @ 522,"-A-"
```

Распечатка 2.9 (продолжение)

```
1260 PRINT @ 555,"-B-"
1265 PRINT @ 704, :INPUT"WHAT IS DIM. -A-  (IN DECIMAL INCHES (I.E. 2.5) ";GA
1270 PRINT @ 768, :INPUT"WHAT IS DIM. -B-  (IN DECIMAL INCHES (I.E. 3.0) ";CO
1275 PRINT @ 832, :INPUT"WHAT IS DIM. -C-  (IN DECIMAL INCHES (I.E. 5.75) ";RS
1276 LETNW=(GA*CO*RS)*BS
1277 LETST=NW*DA
1280 RETURN
1300 LET J$="ALUMINUM":BS=.098:DA=2:CK=.5:RETURN
1305 LET J$="BRASS,FORGING":BS=.305:DA=2:CK=.9:RETURN
1310 LET J$="COPPER,FORGING":BS=.325:DA=2:CK=.9:RETURN
1315 LET J$="IRON,WROGHT":BS=.285:DA=.6:CK=1.2:RETURN
1320 LET J$="MAGNESIUM":BS=.063:DA=3.5:CK=.5:RETURN
1325 LET J$="MOLYBDENUM":BS=.368:DA=4:CK=1.2:RETURN
1330 LET J$="MONEL":BS=.320:DA=3:CK=1.8:RETURN
1335 LET J$="STEEL(CAST,CARBON,ALLOY,CR.)":BS=.283:DA=.6:CK=1:RETURN
1340 LET J$="STEEL,14% TUNGSTEN":BS=.312:DA=.7:CK=1.1:RETURN
1345 LET J$="STEEL,22% TUNGSTEN":BS=.321:DA=.8:CK=1.16:RETURN
1350 REM CYLINDER CALCUL.
1355 CLS:FOR K8=4 TO 6 STEP .101
1360 LET A8=K8*3.14
1365 LET R8=6
1366 C8=2
1370 D8=C8+.101
1375 LET X8=D8*(R8*COS(A8))
1380 LET Y8=R8*SIN(A8)
1385 SET(X8+25,Y8+15)
1390 C8=D8
1391 NEXT K8
1395 FOR A5= 60 TO 120
1400 SET(A5,9):SET(A5,20)
1405 NEXT A5
1410 FOR B5=9 TO 20
1415 SET(60,B5):SET(120,B5)
1420 NEXT B5
1425 FOR CR=20 TO 25
1430 SET(12,CR):SET(38,CR)
1435 NEXT CR
1440 FOR J5=22 TO 25
1445 SET(60,J5):SET(120,J5)
1450 NEXT J5
1455 PRINT @ 523,"-A-"
1460 PRINT @ 555,"-B-"
1465 PRINT @ 704,:INPUT"WHAT IS DIM. -A-  (IN DECIMAL INCHES (I.E. 2.5) ";AG
1470 PRINT @ 768,:INPUT"WHAT IS DIM. -B-  (IN DECIMAL INCHES (I.E. 5.75) ";CO
1472 LETNW=(.7854*(AG[2)*CO)*BS
1473 LET ST=NW*DA
1475 RETURN
1477 REM TRIANGLE CALCUL.
1480 CLS:X3=20:Y3=5:K3=15
1481 PRINT @ 260,"-C-"
1485 FOR L3=0 TO K3
1490 SET(X3+L3,Y3+L3):SET(X3,Y3+L3):SET(X3+L3,Y3+K3)
1495 NEXT L3
1500 FOR A5=60TO120
1505 SET(A5,5):SET(A5,20)
1510 NEXT A5
1515 FOR B5=5TO20
1520 SET(60,B5):SET(120,B5)
1525 NEXTB5
1530 FOR J5=22TO25
1535 SET(20,J5):SET(35,J5):SET(60,J5):SET(120,J5)
1540 NEXT J5
1545 FOR CC=10 TO 16
1550 SET(CC,5):SET(CC,20):NEXT CC
1555 PRINT @ 524,"-A-"
```

Распечатка 2.9 (продолжение)

```
1560 PRINT @ 555,"-B-"
1565 PRINT @ 704,:INPUT"wHAT IS DIM. -A-  (IN DECIMAL INCHES (I.E. 1.25) ";GA
1570 PRINT @ 768,:INPUT"WHAT IS DIM. -B-  (IN DECIMAL INCHES (I.E. 5.75) ";CO
1575 PRINT @ 832,:INPUT"WHAT IS DIM. -C-  (IN DECIMAL INCHES (I.E. 3.0) ";RS
1577 LET NW=(((GA*RS)/2)*CO)*BS
1578 LET ST=NW*DA
1580 RETURN
1600 LPRINT,CHR$(30)A$CHR$(29):LPRINT" "
1605 LPRINTB$,,B1$
1610 LPRINTC$,,C1$
1615 LPRINTD$,D1$
1620 LPRINTE$,,E1
1625 LPRINTF$,,F1$
1630 LPRINTG$,,G1$
1635 RETURN
1640 LPRINT" ":LPRINT" ":LPRINT,"MATERIAL DATA "
1645 LPRINT" ":LPRINT"THE MATERIAL SELECTED IS "J$
1650 LPRINT"THE MATERIAL IS $ "DA"/LB."
1655 LPRINT"THE SLUG WEIGHT IS "NW
1660 LPRINT"THE SLUG COST IS $ "ST
1665 RETURN
1670 END
```

```
                 *** FORGE ESTIMATE ***

DATE OF INQUIRY                    01/01/81
CUSTOMERS NAME                     B.R.MACHINE
CUSTOMERS ADDRESS                  120 PERE MARQUETTE
ANNUAL QUANTITY                     3000
PART NAME                          GEAR
PART NUMBER                        82100


                 MATERIAL DATA

THE MATERIAL SELECTED IS STEEL(CAST,CARBON,ALLOY,CR.)
THE MATERIAL IS $  .6 /LB.
THE SLUG WEIGHT IS  4.00083
THE SLUG COST IS $  2.4005

           SUMMARY OF DATA FOR SELECTED OPERATION

THIS IS A SUMMARY FOR RUN SIZE OF  1000


OPERATION SELECTION                2) FORGE
EQUIPMENT USED                     2000 LB. BOARD DROP HAMMER
PROD./HR.                           100
MACHINE RATE                       $ 15 /HR.
SET UP COST                        $ 65
NO. OF OPER.          1            RATE/HR.         $ 5.5
NO. OF HEPLERS        2            RATE/HR.         $ 7
TOTAL HRS./OPER.                    10
RUN COST/OPER.                     $ 430

OPERATION SELECTION                4) RESRIKE
EQUIPMENT USED                     1000 TON COINING PRESS
PROD./HR.                           125
MACHINE RATE                       $ 20 /HR.
SET UP COST                        $ 150
NO. OF OPER.          1            RATE/HR.         $ 5.5
NO. OF HEPLERS        2            RATE/HR.         $ 7
TOTAL HRS./OPER.                    8
RUN COST/OPER.                     $ 490
```

Распечатка 2.9 (продолжение)

```
OPERATION SELECTION                    5) TRIM (HOT-COLD)
EQUIPMENT USED                         100 TON HOT TRIM PRESS
PROD./HR.                               125
MACHINE RATE                           $ 30 /HR.
SET UP COST                            $ 200
NO. OF OPER.           1               RATE/HR.        $ 5.5
NO. OF HEPLERS         2               RATE/HR.        $ 14
TOTAL HRS./OPER.                         8
RUN COST/OPER.                         $ 716


          SUMMARY OF DATA FOR SELECTED OPERATION

THIS IS A SUMMARY FOR RUN SIZE OF  2000

OPERATION SELECTION                    2) FORGE
EQUIPMENT USED                         2000 LB. BOARD DROP HAMMER
PROD./HR.                               100
MACHINE RATE                           $ 15 /HR.
SET UP COST                            $ 65
NO. OF OPER.           1               RATE/HR.        $ 5.5
NO. OF HEPLERS         2               RATE/HR.        $ 7
TOTAL HRS./OPER.                        20
RUN COST/OPER.                         $ 795

OPERATION SELECTION                    4) RESRIKE
EQUIPMENT USED                         1000 TON COINING PRESS
PROD./HR.                               125
MACHINE RATE                           $ 20 /HR.
SET UP COST                            $ 150
NO. OF OPER.           1               RATE/HR.        $ 5.5
NO. OF HEPLERS         2               RATE/HR.        $ 7
TOTAL HRS./OPER.                        16
RUN COST/OPER.                         $ 830

OPERATION SELECTION                    5) TRIM (HOT-COLD)
EQUIPMENT USED                         100 TON HOT TRIM PRESS
PROD./HR.                               125
MACHINE RATE                           $ 30 /HR.
SET UP COST                            $ 200
NO. OF OPER.           1               RATE/HR.        $ 5.5
NO. OF HEPLERS         2               RATE/HR.        $ 14
TOTAL HRS./OPER.                        16
RUN COST/OPER.                         $ 1232


          SUMMARY OF DATA FOR SELECTED OPERATION

THIS IS A SUMMARY FOR RUN SIZE OF  3000

OPERATION SELECTION                    2) FORGE
EQUIPMENT USED                         2000 LB. BOARD DROP HAMMER
PROD./HR.                               100
MACHINE RATE                           $ 15 /HR.
SET UP COST                            $ 65
NO. OF OPER.           1               RATE/HR.        $ 5.5
NO. OF HEPLERS         2               RATE/HR.        $ 7
TOTAL HRS./OPER.                        30
RUN COST/OPER.                         $ 1160

OPERATION SELECTION                    4) RESRIKE
EQUIPMENT USED                         1000 TON COINING PRESS
PROD./HR.                               125
MACHINE RATE                           $ 20 /HR.
SET UP COST                            $ 150
```

Распечатка 2.9 (продолжение)

```
NO. OF OPER.            1         RATE/HR.         $ 5.5
NO. OF HEPLERS          2         RATE/HR.         $ 7
TOTAL HRS./OPER.                   24
RUN COST/OPER.                    $ 1170

OPERATION SELECTION               5) TRIM (HOT-COLD)
EQUIPMENT USED                    100 TON HOT TRIM PRESS
PROD./HR.                          125
MACHINE RATE                      $ 30 /HR.
SET UP COST                       $ 200
NO. OF OPER.            1         RATE/HR.         $ 5.5
NO. OF HEPLERS          2         RATE/HR.         $ 14
TOTAL HRS./OPER.                   24
RUN COST/OPER.                    $ 1748


                 *** SUMMARY ***

FOR THE RUN SIZE OF  1000

THE TOTAL CONVERSION COST IS $  7286.08
THE TOTAL MAT'L WEIGHT IS  4000.83  LBS. @ $  2400.5
THE REJECTION RATE IS 3% OF THE SUB-TOTAL, WHICH IS $  290.597
THE FACTORY COST IS $  9977.18
THE SALES & ADMIMSTRATIVE COST IS $  1496.58
THE TOTAL COST IS $  11473.8
```

Распечатка 2.9 (продолжение)

***** Расчет себестоимости поковок *****

Дата запроса	01/01/81
Заказчик	
Адрес заказчика	
Годовая программа выпуска	3000
Наименование детали	Шестерня
Номер детали	82 100

Данные о материале поковок

Выбранный материал сталь
Цена 1 фунт 0,6
Масса слитка 4,00083
Стоимость слитка 2,4005

Сводные данные о технологических операциях

Для годового выпуска 1000

Операция	Объемная формовка
Используемое оборудование	Фрикционный молот с усилием 2000 фунт
Производительность оборудования	100

Норма издержек для оборудования, долл/ч, 15
Затраты на наладку оборудования, долл., 65
Число основных рабочих 1 (при ставке 5,5 долл/ч)
Число вспомогательных рабочих 2 (при ставке 7 долл/ч)
Общие затраты времени на операцию, ч, 10
Технологическая себестоимость операции, долл., 430
и т. д.

К распечатке 2.9

***** Результаты расчетов *****

Годовой выпуск 1000
Цеховая себестоимость, долл., 7286,08
Общая масса металла, фунт, 4000,83
Потери от брака 3% стоимости забракованной продукции 290,597 долл.
Заводская себестоимость, долл., 9977,18
Торговые издержки и расходы на управленческий персонал, долл., 1496,58
Полная себестоимость, долл., 11473,8 и т. д.

К распечатке 2.9 (продолжение)

```
                    *** SUMMARY ***

FOR THE RUN SIZE OF  2000

THE TOTAL CONVERSION COST IS $  8907.17
THE TOTAL MAT'L WEIGHT IS  8001.66  LBS. @ $  4801
THE REJECTION RATE IS 3% OF THE SUB-TOTAL, WHICH IS $  411.245
THE FACTORY COST IS $  14119.4
THE SALES & ADMIMSTRATIVE COST IS $  2117.91
THE TOTAL COST IS $  16237.3


                    *** SUMMARY ***

FOR THE RUN SIZE OF  3000

THE TOTAL CONVERSION COST IS $  10528.2
THE TOTAL MAT'L WEIGHT IS  12002.5  LBS. @ $  7201.49
THE REJECTION RATE IS 3% OF THE SUB-TOTAL, WHICH IS $  531.892
THE FACTORY COST IS $  18261.6
THE SALES & ADMIMSTRATIVE COST IS $  2739.25
THE TOTAL COST IS $  21000.9


                    ADDED OPERATIONS

ADDED COST FOR THE RUN SIZE OF  1000

THE COST OF HEAT-TREATMENT IS $ 320.066
THE COST OF ANN. - NORM. IS $ 240.05
THE COST OF TUMBLE OR SAND BLAST CLEANING IS $ 200.041

OTHER ADDED COST FOR THE RUN QUAINTY OF 1000 =$  400.083
```

Распечатка 2.9 (продолжение)

Дополнительные операции

Дополнительные затраты на годовой выпуск, долл., 1000
Стоимость термообработки, долл., 320,066
Стоимость отжига и нормализации, долл., 240,05
Стоимость пескоструйной очистки, долл., 200,041
Суммарные дополнительные издержки для годового выпуска, долл., 400,083 и т. д.

Ремонт штампов

Замена штампов 15 раз/год
Затраты на ремонт штампов, долл., 5250

К распечатке 2.9 (продолжение)

```
ADDED COST FOR THE RUN SIZE OF  2000

THE COST OF HEAT-TREATMENT IS $ 640.133
THE COST OF ANN. - MORM. IS $ 480.099
THE COST OF TUMBLE OR SAND BLAST CLEANING IS $ 400.083

OTHER ADDED COST FOR THE RUN QUAINTY OF 2000 =$  800.166


ADDED COST FOR THE RUN SIZE OF  3000

THE COST OF HEAT-TREATMENT IS $ 960.199
THE COST OF ANN. - MORM. IS $ 720.149
THE COST OF TUMBLE OR SAND BLAST CLEANING IS $ 600.124

OTHER ADDED COST FOR THE RUN QUAINTY OF 3000 =$  1200.25


                DIE MAINTENACE


THERE WILL BE APPROXMATELY  15  TIMES THE DIES WILL BE DOWN FOR MAINTENANCE
THE COST OF DIE MAINTENANCE WILL BE $  5250
```

Распечатка 2.9 (продолжение)

2.5. ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА СТОИМОСТИ

В последние годы написано немало статей и книг о применении ЭВМ для расчетов стоимости. В них превозносится скорость проведения на ЭВМ сложных расчетов, помощь ЭВМ в принятии решений. Но большинство авторов забывают упомянуть о том, что программы расчета стоимости оказываются самыми сложными из числа программ для решения технологических задач. В отличие от многих программ для ЭВМ при написании программы расчета стоимости не всегда ясно, с чего начать и чем закончить.

Начните с простых задач и по мере приобретения опыта программирования переходите к более сложным программам. Инженер, начинающий самостоятельно писать программы, и его руководители должны постоянно помнить о целях решения задачи. Цель не в том, чтобы заменить традиционную систему расчетов стоимости системой электронной обработки, выполняющей тысячи элементарных операций, но в том, чтобы ЭВМ помогала инженеру, а не заменяла его.

Вероятно, читатели уже поняли, что ЭВМ способна выбирать разумные решения, но эти решения должны быть запрограммированы. Необходимо проводить экономическое обоснование, чтобы определить, какие задачи следует автоматизировать и сколько на это потребуется времени. Эти решения следует периодически пересматривать, по мере того как навыки программирования улучшаются.

Сложную систему расчетов стоимости можно создать достаточно быстро, но на начальном этапе надо думать не о сложных программах, а о том, как оправдать капитальные вложения на покупку микроЭВМ.

Необходимо также уделить определенное внимание модульному программированию. Принцип модульности применяется при реше-

нии более сложных задач. Прежде всего проанализируйте что лучше может делать инженер, а что — ЭВМ, и начинайте с простых программ.

И последнее замечание относительно стиля программирования. В большинстве программ, написанных профессиональными программистами, используются многочисленные проверки для того, чтобы уменьшить количество ошибок при вводе данных пользователем. Делать это необходимо, чтобы избежать неправильных расчетов и ошибок, искажающих результаты, но не следует проверять каждое вводимое значение. Постарайтесь писать простые программы, которые работают правильно

Упражнение 2.1 (наименее трудное). Написать программу расчета стоимости обработки на цилиндрическом шлифовальном станке. Все параметры режимов резания, подач, нормативы времени на ручные операции должны храниться в подпрограмме, вызываемой оператором GOSUB.

Упражнение 2.2 (средней трудности). Написать программу для четырехшпиндельного сверлильного станка. Программа должна включать типичные операции, выполняемые на станке: сверление, развертывание, зенкерование, нарезание резьбы. В программе должны храниться все значения параметров режимов резания и нормативные данные для других машинных и ручных элементов операций: установка и снятие детали, проверка размеров и т. д.

Упражнение 2.3 (трудное). Написать погрантму для многошпиндельного токарно-винторезного станка. Все значения скоростей резания и подач для каждой типичной операции должны выбир ться в программе и корректироваться по паспорту станка.

Глава 3
ГРАФИКИ ОСВОЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ЗАТРАТЫ НА ЗАПУСК ИЗДЕЛИЯ

3.1. РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ

В гл. 2 рассмотрены вопросы использования микроЭВМ для оценки стоимости обработки на токарных, сверлильных и фрезерных станках. Другим аспектом оценки стоимости является применение графиков освоения производства и расчет затрат (времени или средств) на запуск изделия в производство. В этой главе описано применение микроЭВМ для уточненной оценки стоимости с учетом эффекта освоения.

Трудовые операции, выполняемые отдельным работником, и (или) процесс производства в целом могут быть усовершенствованы с различной интенсивностью. Даже в условиях массового производства, например в автомобилестроении, при освоении новой модели затраты на начальных этапах производства выше, чем на последующих. Темпы приобретения знаний и навыков характеризуются наклоном кривых на графиках освоения производства. Применение таких графиков преследует три общие цели.

1. Предсказать с определенной точностью, каковы будут затраты на изделие по мере продолжения его выпуска, принимая во внимание, что динамика трудовых затрат имеет тенденцию к снижению.

2. Если затраты в процессе производства снижаются, то можно предсказать, каковы будут дополнительные затраты при уменьшении объема производства, т. е. при изменении условия задачи на противоположное.

3. Достижение указанных целей предполагает, что между затратами и количеством изготовленных изделий существует определенная зависимость. Если рассчитать эту зависимость, то можно рассчитать дополнительные затраты к некоторой величине (норме в условиях освоения производства) и определить их как затраты на запуск изделия в производство или единовременные, разовые затраты, связанные с начальными этапами производства.

Графики освоения производства и расчеты затрат на запуск изделия в производство были разработаны в 40-е годы в авиационной промышленности. Они позволили инженерам прогнозировать затраты задолго до начала производства конкретной модели самолета. Эти методы используются сегодня в аэрокосмической и других отраслях промышленности. Расчеты затрат на запуск изделия в производство особенно часто проводятся в автомобилестроении при определении затрат на изготовление новой продукции. До появления микроЭВМ подобные расчеты выполнялись графически на логарифмической сетке, сейчас такая практика устарела.

Прежде чем рассмотреть программу для ЭВМ, рассчитывающую графики освоения производства и затраты на запуск изделия в производство, уместно изложить основные теоретические положения.

По мере того как количество обрабатываемых деталей удваивается, затраты рабочего времени на обработку одной детали сокращаются за счет освоения работы с некоторой постоянной скоростью, называемой «интенсивностью освоения». Интенсивность освоения I измеряется в процентах.

В следующем примере N — число обработанных деталей при $I = 90$ %, шт., Y — среднее время обработки одной детали, ч:

N	1	2	4	8	16
Y	1,0000	0,9000	0,8100	0,7200	0,6561

В этом примере время, необходимое для обработки первой детали, составляет 1 ч. Среднее время обработки двух деталей 0,9 ч. В процессе освоения производства, когда объем производства вновь удваивается, например от двух единиц до четырех, среднее время обработки одной детали сокращается ($0,9 \cdot 0,9 = 0,81$ ч).

Среднее время обработки одной детали после обработки N деталей (исходное уравнение):

$$Y = aN^{-b},$$

где a — время обаботки первой детали; b — показатель степени.

Пример 3.1. Рассчитать Y при $a = 1$ ч, $N = 4$ шт. и $b = 0,152$ (при интенсивности 90 %).

Среднее время обработки

$$Y = 1 \cdot 4^{-0,152} = 0,81004$$

(различие между 0,81000 и 0,81004 объясняется ошибкой, вызванной округлением с точностью до 5-го знака).

Показатель степени можно определить из следующего выражения:

$$Y_1/Y_2 = aN_1^{-b}/(aN_2^{-b}) = 2^b,$$

где Y_1 — среднее время обработки одной детали после изготовления N_1 детали; Y_2 — среднее время обработки после изготовления N_2 детали; $N_2 = 2N_1$.

Пример 3.2. Рассчитать b, если $Y_1 = 80$ ч при $N_1 = 2$ шт.; $Y_2 = 64$ ч при $N_2 = 4$ шт.

Показатель степени определяется из соотношения

$$80/64 = (4/2)^b = 2^b;$$

$$b = \lg(80/64)/\lg 2 = 0,322;$$

интенсивность освоения

$$(64/80) \cdot 100 = 80 \%.$$

Индивидуальное время обработки детали Y_3 подсчитывается по формуле:

$$Y_3 = (1 - b)\,Y.$$

Для очень больших партий обрабатываемых деталей приведенная выше формула дает небольшую ошибку, которую можно устранить, используя выражение

$$Y_з = Y(N-1)\left[\left(\frac{N}{N-1}\right) - \left(\frac{N-1}{N}\right)^{-b}\right].$$

Пример 3.3. Рассчитать $Y_з$, если $I = 90\,\%$, $b = 0{,}152$, $Y = 0{,}6561$ ч при $N = 16$.

$$Y_з = (1 - 0{,}152)\ 0{,}6561 = 0{,}5564 \text{ ч}.$$

Время обработки первой детали определяется по формуле

$$a = YN^{-b}.$$

Норма времени обычно «устанавливается» на некотором базовом уровне, определяемом особенностями производства, и может учитывать или не учитывать ряд дополнительных факторов. Выражение «устанавливается» подразумевает, что норма времени «приспосабливается» к условиям цеха для более точного соответствия среднему количеству деталей в партии. Смысл в том, чтобы не считать затраты для партии в миллионы штук, если средний размер партии 50 шт.

Пример 3.4. Определить a, если норма времени $Y = 1{,}58$ ч «установлена» по среднему значению, достигаемому после обработки 256-й детали; $b = 0{,}152$.

Время обработки первой детали

$$a = 1{,}58 \cdot 256^{0{,}152} = 3{,}67 \text{ ч}.$$

Решая исходное уравнение относительно N, получим

$$N = (Y/a)^{-1/b}.$$

Пример 3.5. Определить N для $I = 90\%$, если $Y = 0{,}96$, $a = 1{,}5$ ч, $b = 0{,}074$.

Номер детали

$$N = (0{,}96/1{,}5)^{-(1/0{,}074)} = 416.$$

Метод определения затрат на запуск изделия в производство широко используется в различных отраслях. С его помощью пытаются предсказать, какие затраты (времени или средств) повлечет за собой запуск нового изделия или модели. Суть метода иллюстрирует рис. 3.1.

Затраты на запуск определяются как разность между нормативными и фактическими значениями затрат при достижении некоторого заданного отклонения от нормы.

Теория определения затрат на запуск изделия в производство предполагает, что после того, как достигнуты некоторые границы освоения операций, т. е. сокращение затрат стабилизируется и удвоение объема производства (например, от 2 млн. шт. до 4 млн. шт.) сказывается незначительно, сокращение затрат должно вызываться другими факторами. К ним относятся совершенствование нормирования труда на основе применения передовых приемов и методов труда, планирование снижения себестоимости или изменение конст-

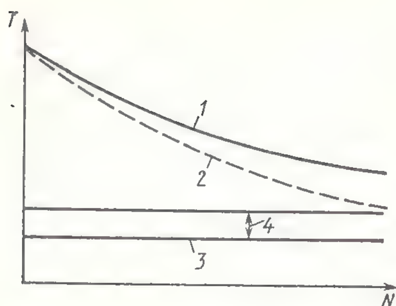


Рис. 3.1. Зависимость затрат времени T на запуск изделия в производство от количества деталей N:

1 — среднее время обработки одной детали; 2 — индивидуальное время обработки N-й детали; 3 — норма времени; 4 — дополнительное время

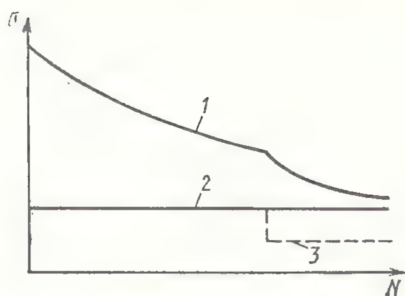


Рис. 3.2. Пример определения затрат на запуск изделия в производство:

1 — начало влияния новых факторов на процесс освоения; 2, 3 — нормы времени

рукции изделия. Зависимость времени обработки от количества обрабатываемых деталей с учетом этих факторов приведена на рис. 3.2.

Расчет затрат на запуск изделия в производство можно проводить двумя способами. В соответствии с первым способом момент пересмотра нормы должен совпадать с началом нового процесса освоения работы. Новая зависимость связана только с сокращающейся частью затрат на изделие. На ту часть нормы, которая стабилизировалась, распространяется старая зависимость. Новый цикл освоения начинается с N-го изделия, которое становится первым. При расчете затрат вторым способом предполагается, что процесс освоения продолжается, но уже с другой интенсивностью. Изменяются параметры зависимости.

Можно привести доводы в пользу обоих способов, позволяющих определить затраты времени или средств на запуск изделия. Ценность обоих способов в том, что они дают возможность оценить улучшения в организации труда и определить затраты на начальных этапах производства для бухгалтерского учета.

Пример 3.6. Определить $Y_з$, если $Y = 0{,}96$ ч. ($N = 416$). Индивидуальное время обработки N-й детали

$$Y_з = Y\,(1 - b) = 0{,}96(1 - 0{,}074) = 0{,}89 \text{ ч.}$$

Затраты на запуск в производство партии из 416 деталей определяются по формуле

$$(Y - Y_з)\,NA = (0{,}96 - 0{,}89)\,416 \cdot 15 = 436{,}80 \text{ долл.},$$

где $A = 15$ долл. — цеховые расходы.

Анализ можно продолжить. Порядковый номер изделия, при котором будет достигнута проектная норма времени Y_s, если процесс

освоения будет продолжаться, можно определить по формуле

$$N_2 = (Y/a)^{-1/b} = [Y_s/((1-b)\,a)]^{-1/b}.$$

Пример 3.7. Определить N_2, если $Y_s = 0{,}8$ ч. Проектная норма времени будет достигнута при

$$N_2 = ((0{,}8/0{,}926)/1{,}5)^{-13{,}5135} = 1729.$$

Дополнительное время к норме, %, рассчитывается по формуле:

$$(Y_з/Y_s)100 - 100 = \Delta Y.$$

Пример 3.8. Определить ΔY для рассматриваемых условий.

Дополнительное к норме время в момент, когда обрабатывается 416-я деталь

$$\Delta Y = (0{,}89/0{,}8)100 - 100 = 11{,}25\ \%.$$

Ниже приведены программа расчета затрат для процессов освоения производства и несколько примеров таких расчетов.

3.2. ПРОГРАММА LEARN

Программа занимает 4136 байт памяти. Она состоит из четырех модулей: расчета показателя степени для функциональной зависимости (1) и расчетов затрат времени на 1-ю (2) и N-ю (3) детали и на запуск изделия в производство (4). В начале работы программы пользователь выбирает необходимый модуль.

Некоторые микроЭВМ рассчитывают десятичные логарифмы. МикроЭВМ TRS-80 работает с натуральными логарифмами, поэтому необходимо в программе использовать соотношение $\ln x/\ln 10$, позволяющее перейти от натуральных логарифмов к десятичным. Текст программы приведен в полном виде на распечатке 3.1.

Комментарий к программе. Для написания программы использовано минимальное количество операторов и символов языка Бейсик (11 операторов). Такой подход позволяет инженеру, начинающему составлять программы для ЭВМ, убедиться в том, что писать довольно сложные программы можно и без длительной подготовки. Для тех, кто знаком с программированием, эта программа очень несложная.

Строки 10—240 дают возможность пользователю выбрать один из четырех модулей, из которых состоит программа. В этой части программы все вычисления, связанные с нахождением показателя

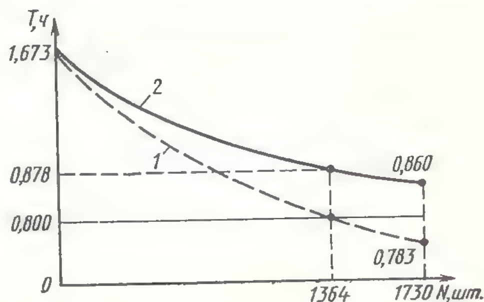


Рис. 3.3. Зависимость затрат времени T на запуск изделия в производство от количества деталей N:
1 — индивидуальное время обработки N-й детали; *2* — среднее время обработки одной детали

степени для функциональной зависимости, укладываются в три строки — 140, 150 и 160.

Строки 241—400 позволяют рассчитывать затраты времени на первую деталь. Для этого надо ввести в программу значения переменной Q, обозначающей количество деталей, и переменной Y, обозначающей среднее время обработки одной детали. В строке 320 управление передается подпрограмме, в которой значения показателей степени хранятся так, как они хранились бы в операторе DATA. Эта часть программы может быть написана различными способами.

В строках 401—590 обратите внимание на символ "[" после переменной P в формуле (строка 480) — он обозначает операцию возведения в степень.

Строки 600—680 охватывают наиболее важный модуль 1 в программе, позволяющий рассчитать затраты на запуск изделия в производство.

Строки 2000—2300 содержат подпрограмму, вызываемую оператором GOSUB, к которой обращается основная программа. Может возникнуть вопрос: зачем вообще нужна подпрограмма? Почему не вычислить показатель степени, если ЭВМ обладает такой непревзойденной способностью к вычислениям? Существуют две причины, по которым программу следует писать так, как она написана. Во-первых, для расчета показателя степени должны быть известны четыре переменных: время Y_1 и Y_2 и количество деталей N_1 и N_2. Их значения не всегда известны на последующих стадиях расчета. Во-вторых, программа работает более надежно, если удается сократить число данных, вводимых в нее пользователем, и тем самым уменьшить возможность ошибок при вводе.

Результаты работы программы LEARN. Для получения на ЭВМ любой из трех распечаток 3.2—3.4 с результатами работы программы требуется менее 1 мин. Инженеру, выполняющему те же расчеты на электронном калькуляторе, на каждый вариант потребовалось бы около 1 ч, если он не достаточно хорошо знаком с применяемыми формулами.

Рис. 3.3 служит иллюстрацией к распечатке 3.2

```
3 REM PROGRAM NAME LEARN
4 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
5 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
6 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
10 CLS
20 PRINT"THIS PROGRAM CALCULATES"
21 PRINT"LEARNING CURVES AND LAUNCHING COSTS"
22 PRINT"INPUT THE SUB PROGRAM YOU WISH TO USE"
23 PRINT:PRINT
30 PRINT"CALCULATE THE EXPONENT FOR A CURVE-----------1"
40 PRINT"CALCULATE THE TIME FOR THE FIRST UNIT--------2"
50 PRINT"CALCULATE THE TIME FOR THE N TH. UNIT--------3"
60 PRINT"CALCULATE LAUNCHING COST---------------------4"
70 INPUTN
```

Распечатка 3.1

```
80 ONNGOTO90,250,410,600
81 CLS
90 PRINT"THIS ROUTINE CALCULATES EXPONENTS FOR A LEARNING CURVE"
91 PRINT
92 PRINT"THE NUMBER OF UNITS PRODUCED (LARGER) MUST BE"
93 PRINT"2 TIMES THE NUMBER OF UNITS PRODUCED (SMALLER)"
94 PRINT
100 INPUT"TIME OR PER CENT (LARGER)";Y1
110 INPUT"NUMBER OF UNITS PRODUCED (LARGER)";N1
120 INPUT"TIME OR PER CENT (SMALLER)";Y2
130 INPUT"NUMBER OF UNITS PRODUCED (SMALLER)";N2
140 A=Y1/Y2:A1=LOG(A)/LOG(10)
150 C=N1/N2:C1=LOG(C)/LOG(10)
160 B=A1/C1:B1=Y2/Y1
170 LPRINT CHR$(27);CHR$(14);"LEARNING CURVE EXPONENTS"
171 LPRINT" "
180 LPRINT"THE LARGER TIME OR % WAS";Y1;"THE SMALLER WAS";Y2
181 LPRINT" "
190 LPRINT"LARGER UNITS PRODUCED WAS";N1;"THE SMALLER WAS";N2
191 LPRINT" "
200 LPRINT"THIS IS A ";B1;"% LEARNING CURVE"
201 LPRINT" "
210 LPRINT"THE EXPONENT FOR THIS CURVE IS";B
220 CLS:INPUT"FOR ANOTHER CALCULATION TYPE 1 OR 2 TO EXIT";X
230 ONXGOTO10,240
240 END

241 CLS
250 PRINT"THIS ROUTINE CALCULATES TIME OF THE FIRST UNIT"
260 INPUT"THE AVERAGE ACCUM QUANTITY IS ";Q
270 PRINT"THE AVERAGE ACCUM TIME FOR ";Q;"QUANTITY IS"
280 INPUTY
290 PRINT"TO CHOOSE THE LEARNING CURVE YOU WISH TO WORK WITH"
300 INPUT"TYPE 1";Z
310 IFZ=1THEN320
320 GOSUB2000
330 A=(Q[B)*Y
335 LPRINT CHR$(27);CHR$(14);"TIME FOR THE FIRST UNIT"
336 LPRINT" "
340 LPRINT"THE AVERAGE ACCUM TIME FOR THE";Q;"UNIT"
350 LPRINT"WAS";Y
355 LPRINT" "
360 LPRINT"TIME FOR THE FIRST UNIT USING A ";C;"% CURVE"
370 LPRINT"IS ";A
380 INPUT"FOR ANOTHER CALCULATION TYPE 1 OR 2 TO EXIT";X
390 ONXGOTO10,400
400 END

401 CLS
410 PRINT"TIME FOR THE N TH UNIT"
420 INPUT"NUMBER OF UNITS PRODUCED, THE N TH UNIT IS";P
430 INPUT"TIME FOR THE FIRST UNIT";A
440 PRINT"TO CHOOSE THE LEARNING CURVE YOU WISH TO WORK WITH"
450 INPUT"TYPE 1";Z
460 IFZ=1THEN470
470 GOSUB2000
480 Y=(P[-B)*A
490 Y1=(1-B)*Y
500 LPRINT CHR$(27);CHR$(14);"TIME FOR THE N TH UNIT"
505 LPRINT" "
510 LPRINT"WHERE TIME FOR THE FIRST UNIT IS ";A
520 LPRINT"USING A";C;"% LEARNING CURVE"
525 LPRINT" "
530 LPRINT"THE AVERAGE ACCUM TIME FOR THE N TH UNIT";P
540 LPRINT"IS";Y
```

Строки 140 и 150 используются для пересчета натуральных логарифмов в десятичные

Распечатка 3.1 (продолжение)

```
545 LPRINT" "
550 LPRINT"AND THE TIME FOR THE N TH ";P;" UNIT ONLY"
560 LPRINT"IS";Y1
570 PRINT"FOR ANOTHER CALCULATION TYPE 1 OR 2 TO EXIT"
571 INPUTX
580 ONXGOTO10,590
590 END

600 CLS
601 PRINT"THIS ROUTINE CALCULATES LAUNCHING COSTS"
610 INPUT"TIME IN HOURS FOR THE FIRST UNIT IS";A
620 INPUT"STANDARD TIME IN HOURS PER UNIT ";S
630 INPUT"SHOP RATE DOLLARS IS";R
640 PRINT"TO CHOOSE THE LEARNING CURVE YOU WISH TO WORK WITH"
650 INPUT"TYPE 1";Z
660 IFZ=1THEN670
670 GOSUB2000
680 B1=-1/B:B2=1-B
690 P=((S/B2)/A)[B1
700 Y=(P[-B)*A
710 O=((Y/S)*100)-100
720 L=(Y-S)*P*R
730 LPRINT CHR$(27);CHR$(14);"LAUNCHING COSTS"
731 LPRINT" "
740 LPRINT"TIME FOR THE FIRST UNIT IS";A;"HOURS"
750 LPRINT"STANDARD TIME IS";S;"HOURS PER UNIT"
760 LPRINT"SHOP RATE IS $";R;" DOLLARS"
761 LPRINT" "
770 LPRINT"USING A ";C;"% LEARNING CURVE'
780 LPRINT"STANDARD IS REACHED AT THE ";P;"UNIT"
781 LPRINT" "
790 LPRINT"WHEN THE ";P;"UNIT IS REACHED AS A UNIT"
800 LPRINT"THE AVERAGE ACCUM TIME UP TO THE ";P;"UNIT"
810 LPRINT"IS";Y
811 LPRINT" "
820 LPRINT"AND THE OFF STANDARD IS";O;"PER CENT"
821 LPRINT" "
822 LPRINT" "
830 LPRINT CHR$(27);CHR$(14);"LAUNCHING COSTS ARE $";L;"DOLLARS"
840 INPUT"FOR ANOTHER CALCULATION TYPE 1 OR 2 TO EXIT";X
850 ONXGOTO10,860
860 END

2000 CLS
2010 PRINT"THE FOLLOWING CURVES ARE AVAILABLE TO WORK WITH"
2030 PRINT"TYPE IN THE NUMBER YOU WISH TO USE
2040 PRINT"1   = 98%-------------2   = 96%"
2050 PRINT"3   = 95%-------------4   = 94%"
2060 PRINT"5   = 92%-------------6   = 90%"
2070 PRINT"7   = 88%-------------8   = 86%"
2080 PRINT"9   = 85%------------10   = 84%"
2090 PRINT"11  = 82%------------12   = 80%"
2100 PRINT"13  = 78%------------14   = 76%"
2110 PRINT"15  = 75%"
2120 INPUTN
2130 ONNGOTO2160,2170,2180,2190,2200
2140 ONN-5GOTO2210,2220,2230,2240,2250
2150 ONN-10GOTO2260,2270,2280,2290,2300
2160 B=.029146:C=98:RETURN
2170 B=.058894:C=96:RETURN
2180 B=.074:C=95:RETURN
2190 B=.089267:C=94:RETURN
2200 B=.120294:C=92:RETURN
2210 B=.152003:C=90:RETURN
2220 B=.184425:C=88:RETURN

2230 B=.217591:C=86:RETURN
2240 B=.234465:C=85:RETURN
2250 B=.251539:C=84:RETURN
2260 B=.286304:C=82:RETURN
2270 B=.321928:C=80:RETURN
2280 B=.358453:C=78:RETURN
2290 B=.395929:C=76:RETURN
2300 B=.415038:C=75:RETURN
```

Распечатка 3.1 (продолжение)

```
LEARNING CURVE EXPONENTS

THE LARGER TIME OR % WAS .86 THE SMALLER WAS .8

LARGER UNITS PRODUCED WAS 1730 THE SMALLER WAS 865

THIS IS A  .930233 % LEARNING CURVE

THE EXPONENT FOR THIS CURVE IS .104337

TIME FOR THE FIRST UNIT

THE AVERAGE ACCUM TIME FOR THE 1730 UNIT
WAS .86

TIME FOR THE FIRST UNIT USING A  94 % CURVE
IS  1.6732

TIME FOR THE N TH UNIT

WHERE TIME FOR THE FIRST UNIT IS  1.6732
USING A 94 % LEARNING CURVE

THE AVERAGE ACCUM TIME FOR THE N TH UNIT 1730
IS .859998

AND THE TIME FOR THE N TH  1730  UNIT ONLY
IS .783228

LAUNCHING COSTS

TIME FOR THE FIRST UNIT IS 1.6732 HOURS
STANDARD TIME IS .8 HOURS PER UNIT
SHOP RATE IS $ 15.25  DOLLARS

USING A  94 % LEARNING CURVE
STANDARD IS REACHED AT THE  1364.47 UNIT

WHEN THE  1364.47 UNIT IS REACHED AS A UNIT
THE AVERAGE ACCUM TIME UP TO THE  1364.47 UNIT
IS .878413

AND THE OFF STANDARD IS 9.80165 PER CENT

LAUNCHING COSTS ARE $ 1631.64 DOLLARS
```

Распечатка 3.2.

Показатель степени для кривой освоения производства

Максимальное время 0,86, минимальное время 0,8
Большее количество обрабатываемых деталей 1730, меньшее количество обрабатываемых деталей 865
Интенсивность освоения 0,0930233
Показатель степени 0,104337

Затраты времени на первую деталь

Среднее время обработки 1730 деталей 0,86
Интенсивность освоения 94%
Время обработки первой детали 1,6732

Затраты времени на *N*-ю деталь

Время обработки первой детали 1,6732
Интенсивность освоения 94%
Среднее время обработки 1730 деталей 0,859998
Индивидуальное время обработки детали № 1730 0,783228

Затраты на запуск изделия

Время обработки первой детали 1,6732
Проектная норма времени обработки одной детали 0,8 ч
Цеховые расходы 15,25 долл.
Интенсивность освоения 94%
Норма достигается при обработке деталей № 1364,47 и т. д.

К распечатке 3.2.

Одним из преимуществ микроЭВМ является ее способность выполнять повторяющиеся расчеты за несколько секунд. В качестве примера приведена распечатка 3.5 программы LEARN2, состоящей из восьми строк. Интересная особенность этой короткой программы: на ее написание потребовалось всего 3 мин; на ввод программы в ЭВМ — не более 5 мин. И менее чем за 30 с ЭВМ рассчитала и напечатала 25 строк, приведенных после текста программы.

```
LEARNING  CURVE  EXPONENTS

THE LARGER TIME OR % WAS .75 THE SMALLER WAS .65

LARGER UNITS PRODUCED WAS 500 THE SMALLER WAS 250

THIS IS A  .866667 % LEARNING CURVE

THE EXPONENT FOR THIS CURVE IS .206451


TIME  FOR  THE  FIRST  UNIT

THE AVERAGE ACCUM TIME FOR THE 500 UNIT
WAS .75

TIME FOR THE FIRST UNIT USING A  88 % CURVE
IS  2.35949


TIME  FOR  THE  N  TH  UNIT

WHERE TIME FOR THE FIRST UNIT IS  2.35949
USING A 88 % LEARNING CURVE

THE AVERAGE ACCUM TIME FOR THE N TH UNIT 500
IS .749999

AND THE TIME FOR THE N TH  500  UNIT ONLY
IS .61168


LAUNCHING  COSTS

TIME FOR THE FIRST UNIT IS 2.35949 HOURS
STANDARD TIME IS .6 HOURS PER UNIT
SHOP RATE IS $ 18.75  DOLLARS

USING A  88 % LEARNING CURVE
STANDARD IS REACHED AT THE  555.1 UNIT

WHEN THE  555.1 UNIT IS REACHED AS A UNIT
THE AVERAGE ACCUM TIME UP TO THE  555.1 UNIT
IS .735678

AND THE OFF STANDARD IS 22.6129 PER'CENT


LAUNCHING  COSTS  ARE  $  1412.15  DOLLARS
```

Распечатка 3.3.

3.3. АНАЛИЗ СБАЛАНСИРОВАННОГО СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ОБЪЕМОМ ПРОИЗВОДСТВА И СТОИМОСТЬЮ ОБРАБОТКИ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАНКАХ

Один из главных вопросов, который должен решить инженер-технолог, формулируется следующим образом: «На каком оборудовании экономически целесообразнее обрабатывать данную деталь?» Часто выбор такого оборудования основывается лишь на интуиции. Несколько лет назад в докладе, представленном обществу инженеров-технологов, автором был описан графический метод, позволяющий выбирать необходимое оборудование.

```
LEARNING  CURVE  EXPONENTS

THE LARGER TIME OR % WAS 10.187 THE SMALLER WAS 8.698

LARGER UNITS PRODUCED WAS 2000 THE SMALLER WAS 1000

THIS IS A  .853833 % LEARNING CURVE

THE EXPONENT FOR THIS CURVE IS .227974

TIME  FOR  THE  FIRST  UNIT

THE AVERAGE ACCUM TIME FOR THE 2000 UNIT
WAS 10.187

TIME FOR THE FIRST UNIT USING A  85 % CURVE
IS  60.5372

TIME  FOR  THE  N  TH  UNIT

WHERE TIME FOR THE FIRST UNIT IS  60.5372
USING A 85 % LEARNING CURVE

THE AVERAGE ACCUM TIME FOR THE N TH UNIT 2000
IS 10.187

AND THE TIME FOR THE N TH  2000  UNIT ONLY
IS 7.79851

LAUNCHING  COSTS

TIME FOR THE FIRST UNIT IS 60.5372 HOURS
STANDARD TIME IS 8.5 HOURS PER UNIT
SHOP RATE IS $ 22.25  DOLLARS

USING A  85 % LEARNING CURVE
STANDARD IS REACHED AT THE  1385.12 UNIT

WHEN THE  1385.12 UNIT IS REACHED AS A UNIT
THE.AVERAGE ACCUM TIME UP TO THE  1385.12 UNIT
IS 11.1033

AND THE OFF STANDARD IS 30.6276 PER CENT

LAUNCHING  COSTS  ARE  $  80232.1  DOLLARS
```

Распечатка 3.4.

```
1 REM PROGRAM NAME LEARN2
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM COMPUTER APLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
4 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
5 LPRINT"THIS PROGRAM CALCULATES LEARNING CURVE EXPONENTS"
6 LPRINT" "
10 FORX=75TO100
20 A=100/X
30 B=LOG(A)/LOG(10):C=LOG(2)/LOG(10)
40 D=B/C
50 LPRINT"FOR A";X;"% LEARNING CURVE USE EXPONENT B =";D
60 NEXTX
```

```
THIS PROGRAM CALCULATES LEARNING CURVE EXPONENTS

FOR A 75 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .415038
FOR A 76 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .395929
FOR A 77 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .37707
FOR A 78 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .358454
FOR A 79 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .340076
FOR A 80 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .321928
FOR A 81 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .304006
FOR A 82 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .286304
FOR A 83 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .268817
FOR A 84 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .251539
FOR A 85 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .234465
FOR A 86 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .217591
FOR A 87 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .200913
FOR A 88 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .184425
FOR A 89 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .168123
FOR A 90 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .152003
FOR A 91 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .136061
FOR A 92 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .120294
FOR A 93 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .104697
FOR A 94 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .0892672
FOR A 95 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .0740005
FOR A 96 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .0588936
FOR A 97 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .0439431
FOR A 98 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .0291464
FOR A 99 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = .0144991
FOR A 100 % LEARNING CURVE USE EXPONENT B = 0
```

Распечатка 3.5.

Предположим, что обрабатывается партия из 350 деталей. Необходимую технологическую операцию можно выполнить на станке 1 или 2. Однако для каждого станка существуют свои затраты под-

3.1. Определение точки сбалансированного соотношения

Показатель	Станок 1	Станок 2
Подготовительно-заключительное время, ч	4,0	3,0
Оперативное время, мин	1,5	1,90
Стоимость 1 станко-ч, долл.	15,0	14,0
Постоянные затраты на обработку, долл.	60,00	42,00
Затраты на обработку одной детали, долл.	(1,5/60) 15,00 = = 0,375	(1,9/60) 14,00 = = 0,4433

```
BREAK  EVEN  ANALYSIS

THE BREAK EVEN POINT IS 260.714 PARTS
FOR LESS THEN 260.714 QUANITY USE THE GISHOLT TURRET LATHE
FOR MORE THEN 260.714 QUANITY USE THE W & S TURRET LATHE

FOR THE W & S TURRET LATHE THE ORIGINAL DATA WAS
SET UP HOURS 4 AND RUN TIME PER PC OF 1.5
COST PER HOUR OF $ 15.25

FOR THE GISHOLT TURRET LATHE THE ORIGINAL DATA WAS
SET UP HOURS 3 AND RUN TIME PER PC OF 1.9
COST PER HOUR OF $ 14.25

BREAK  EVEN  ANALYSIS

THE BREAK EVEN POINT IS 768.749 PARTS
FOR LESS THEN  768.749 QUANITY USE THE T LATHE
FOR MORE THEN 768.749 QUANITY USE THE SP LATHE

FOR THE T LATHE THE ORIGINAL DATA WAS
SET UP HOURS 3.75 AND RUN TIME PER PC OF .5
COST PER HOUR OF $ 12.5

FOR THE SP LATHE THE ORIGINAL DATA WAS
SET UP HOURS 4 AND RUN TIME PER PC OF .45
COST PER HOUR OF $ 13

BREAK  EVEN  ANALYSIS

THERE IS NO BREAK EVEN POINT
THE N/C DRILL IS ALWAYS LESS EXPENSIVE

FOR THE GANG DRILL THE ORIGINAL DATA WAS
SET UP HOURS 3 AND RUN TIME PER PC OF 3
COST PER HOUR OF $ 12.5

FOR THE N/C DRILL THE ORIGINAL DATA WAS
SET UP HOURS 2 AND RUN TIME PER PC OF 2
COST PER HOUR OF $ 12

BREAK  EVEN  ANALYSIS

THE BREAK EVEN POINT IS 102.703 PARTS
FOR LESS THEN 102.703 QUANITY USE THE GANG DRILL
FOR MORE THEN 102.703 QUANITY USE THE N/C DRILL

FOR THE N/C DRILL THE ORIGINAL DATA WAS
SET UP HOURS 4 AND RUN TIME PER PC OF .85
COST PER HOUR OF $ 15.75

FOR THE GANG DRILL THE ORIGINAL DATA WAS
SET UP HOURS 3.5 AND RUN TIME PER PC OF 2.1
COST PER HOUR OF $ 12.11
```

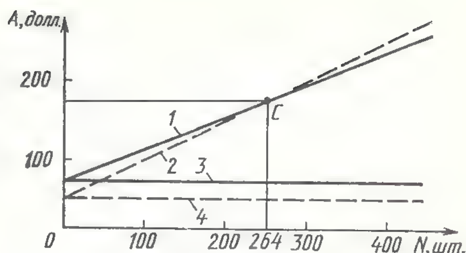
Распечатка 3.6.

```
1 REM PROGRAM NAME BEP
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
4 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
10 CLS
11 PRINT"THIS PROGRAM CALCULATES THE BREAK EVEN POINT"
12 PRINT"FOR MACHINE OPERATIONS"
13 PRINT"AND DETERMINES WHICH MACHINE TO USE FOR A GIVEN QUANITY"
20 FORI=1TO5:PRINT:NEXT
30 PRINT"ENTER THE DATA FOR THE FIRST MACHINE"
40 INPUT"TYPE IN THE NAME OF THE FIRST MACHINE";A$
50 INPUT"SET UP HOURS FOR MACHINE 1 IS";A1
60 INPUT"RUN TIME IN MIN. PER PC. MACHINE 1 IS";A2
70 INPUT"COST PER HOUR MACHINE 1 IS";A3
75 CLS:FORI=1TO8:PRINT:NEXT
80 PRINT"ENTER THE DATA FOR THE SECOND MACHINE"
90 INPUT"TYPE IN THE NAME OF THE SECOND MACHINE";B$
100 INPUT"SET UP HOURS FOR MACHINE 2 IS";B1
110 INPUT"RUN TIME IN MIN. PER PC. MACHINE 2 IS";B2
120 INPUT"COST PER HOUR MACHINE 2 IS";B3
121 REM A4=HR PER PC,A5=S/U COST
130 A4=A2/60:B4=B2/60:A5=A1*A3:B5=B1*B3
140 REM A6=RUN COST
150 A6=A4*A3:B6=B4*B3
160 C=A5-B5:D=A6-B6:E=C/D
165 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"BREAK EVEN ANALYSIS"
166 FORI=1TO2:LPRINT" ":NEXT
170 IFE>1THEN300
180 E=ABS(E)
190 F=E+10:A7=A5+(A6*F):B7=B5+(B6*F)
200 IFA7<B7THEN220
210 IFA7>B7THEN260
220 LPRINT"THE BREAK EVEN POINT IS";E;"PARTS"
230 LPRINT"FOR LESS THEN ";E;"QUANITY USE THE ";A$
240 LPRINT"FOR MORE THEN";E;"QUANITY USE THE ";B$
250 GOTO400
260 LPRINT"THE BREAK EVEN POINT IS";E;"PARTS
270 LPRINT"FOR LESS THAN";E;"QUANITY USE THE ";B$
280 LPRINT"FOR MORE THAN";E;"QUANITY USE THE ";A$
290 GOTO400
300 F=E+10:F1=E-10:A7=A5+(A6*F):A8=A5+(A6*F1):A9=A7+A8
310 B7=B5+(B6*F):B8=B5+(B6*F1):B9=B7+B8
320 IFA9<B9THEN340
330 IFA9>B9THEN370
340 LPRINT"THERE IS NO BREAK EVEN POINT"
350 LPRINT"THE ";A$;" IS ALWAYS LESS EXPENSIVE"
360 GOTO400
370 LPRINT"THERE IS NO BREAK EVEN POINT"
380 LPRINT"THE ";B$;" IS ALWAYS LESS EXPENSIVE"
390 GOTO400
400 FORI=1TO2:LPRINT" ":NEXT
401 LPRINT"FOR THE ";A$;" THE ORIGINAL DATA WAS"
410 LPRINT"SET UP HOURS";A1;"AND RUN TIME PER PC OF";A2
420 LPRINT"COST PER HOUR OF $";A3
425 FORI=1TO2:LPRINT" ":NEXT
430 LPRINT"FOR THE ";B$;" THE ORIGINAL DATA WAS"
440 LPRINT"SET UP HOURS";B1;"AND RUN TIME PER PC OF";B2
450 LPRINT"COST PER HOUR OF $";B3
460 INPUT"TYPE 1 FOR ANOTHER CALCULATION OR 2 TO EXIT";Z
470 ONZGOTO10,480
480 END
```

Распечатка 3.7.

Рис. 3.4. Зависимость суммарных затрат A от количества деталей N для двух станков (по данным табл. 3.2):

1 — для станка 1; 2 — для станка 2; 3, 4 — постоянные затраты для станков 1 и 2 соответственно; C — точка сбалансированного соотношения



Анализ сбалансированного соотношения

Точка сбалансированного соотношения 260,714 деталей
для партии до 260,714 шт. используйте револьверный станок GISHOLT
для партии более 260,714 шт. используйте револьверный станок W&S
Исходные данные для револьверного станка W&S:
Подготовительно-заключительное время, ч, 4
Оперативное время, ч, 1,5
Стоимость 1 станко-ч, долл., 15,25
Исходные данные для револьверного станка GISHOLT
Подготовительно-заключительное время, ч, 3
Оперативное время, ч, 1,9
Стоимость 1 станко-ч, долл., 14,25

Анализ сбалансированного соотношения

Точка сбалансированного соотношения отсутствует
Сверлильный станок с ЧПУ всегда дешевле
Исходные данные для многошпиндельного сверлильного станка:
Подготовительно-заключительное время, ч, 3
Оперативное время, ч, 3
Стоимость 1 станко-ч, долл., 12,5
Исходные данные для сверлильного станка с ЧПУ:
Подготовительно-заключительное время, ч, 2
Оперативное время, ч, 2
Стоимость 1 станко-ч, долл., 12,0

готовительно-заключительного и оперативного времени, своя стоимость 1 станко-ч и другие показатели, приведенные в табл. 3.1. Какой выбрать станок? Данные можно изобразить в виде графиков, приведенных на рис. 3.4.

Затраты на обработку определяются по формуле

$$y = a + bx,$$

где a — постоянные затраты на обработку партии деталей; b — переменные затраты на обработку одной детали.

По данным табл. 3.1 можно определить точку сбалансированного соотношения:

$$60{,}00 + 0{,}375x = 42{,}00 + 0{,}4433\,x, \text{ откуда } x = 264.$$

Точка равного для двух станков соотношения между объемом производства и стоимостью обработки соответствует партии из 264 деталей. Таким образом, если надо обработать 264 детали, то можно выбрать любой станок. Если количество деталей в партии меньше 264,

то следует использовать станок 2, если больше 264 — станок 1. Этот метод принятия решения удобен, но он требует времени для проведения расчетов, поэтому большинство инженеров-технологов выбирают оборудование интуитивно.

Пример можно усложнить, если учесть дополнительное время к норме и различную интенсивность освоения операции на каждом станке.

3.4. ПРОГРАММА BEP

Программа занимает 1956 байт памяти. Она выполняет расчет точки сбалансированного соотношения и рекомендует технологу использовать станок 1 или 2, если обрабатываемое количество не соответствует точке сбалансированного равновесия. Программа также проверяет гипотезу о наличии такой точки. Если гипотеза не подтверждается, в распечатке появляется сообщение о том, что такая точка не существует, и о том, какой станок экономичнее использовать во всех случаях

При расчетах принято, что если значение точки сбалансированного равновесия положительно, то такая точка не существует. В этом случае управление передается операторам в строке 300. Вычисляются затраты на обработку некоторого выборочного количества деталей плюс или минус 10 деталей. Затем в строках 320 и 330 сравнивается стоимость обработки деталей на обоих станках и на печать выводится наименование станка, на котором стоимость обработки ниже.

Если значение точки сбалансированного равновесия отрицательное, то в строке 180 знак меняется на плюс и осуществляется сравнение стоимости обработки (строки 200, 210). На печать выводятся значение точки сбалансированного равновесия и рекомендация, какой станок использовать, если количество деталей в партии не соответствует точке сбалансированного равновесия. ·

Ниже приведены результаты работы программы BEP (распечатка 3.6) и ее текст (распечатка 3.7). В каждом примере приведены исходные данные, для которых проводились расчеты.

Упражнение 3.1 (наименее трудное). Написать программу расчета массы заготовки прутка для многошпиндельного токарно-винторезного станка. Предусмотреть ввод в программу данных о длине детали, ширине отрезного резца и цене материала и вывод на печать следующих результатов: числа деталей, изготовляемых из одной заготовки; затрат на одну деталь (включая брак и отходы); погонной длины прутка.

Упражнение 3.2 (средней трудности). В гл. 2 рассмотрено применение ЭВМ для расчета стоимости. Написать программу расчетов стоимости с учетом графиков освоения работы. Предусмотреть ввод данных о планируемом количестве изделий и относительном снижении затрат времени на обработку за счет освоения операций.

Упражнение 3.3 (трудное). Написать программу расчета точки сбалансированного равновесия для трех станков. Предусмотреть ввод следующих данных: подготовительно-заключительного времени; штучного времени; стоимости оснастки инструментами и приспособлениями (для конкретного станка); стоимости 1 ч работы каждого станка.

Глава 4
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ

4.1. КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

При разработке технологических процессов важно определить технологические размеры детали и допуски. Технологический размер отличается от размера по чертежу, поскольку надо дополнительно обработать заданную поверхность, чтобы получить размер, предусмотренный на чертеже. В качестве примера назовем такие операции, как грубое точение, получистовое и чистовое шлифование. Технологический допуск — это допуск, связанный с технологическим размером. Задача определения линейных технологических размеров и допусков усложняется, если инженеру-технологу приходится распределять по размерной цепочке допуск, заданный на чертеже (см. гл. 11).

При проектировании технологии необходимо решить вопрос, может ли точность конкретного станка обеспечить установленные допуски. Важно, чтобы инженер-технолог, разрабатывающий процесс обработки детали, выбрал такую точность обработки, которая может быть достигнута на рабочем месте. В многочисленных публикациях, описывающих методы статистического контроля качества, этому вопросу уделяется необходимое внимание. Ниже рассмотрен один из методов выбора оборудования, обеспечивающих заданную точность, и разработаны его математические основы. Применение метода проиллюстрировано конкретным примером анализа точности оборудования. Приведена небольшая программа для ЭВМ, выполняющая такие расчеты.

Службы управления качеством создаются только на крупных предприятиях. На остальных предприятиях функции обеспечения качества целиком или частично возлагаются на инженеров-технологов. Нередко эти функции не выполняются, так как инженеры-технологи не получают соответствующей подготовки или эта работа не входит в их должностные обязанности.

Чаще всего термин «контроль качества» связывается с техническим контролем в ходе производства. Технический контроль быстро устаревает. Он основывается на эпизодических проверках работы операторов, независимо от того, нужны ли такие проверки или нет. Это замечание может показаться очень резким. Сделано это преднамеренно. В последнее время в печати нередко задают вопрос: «Почему американская промышленность не может выпускать продукцию высокого качества?» В прошлом году США посетила группа японских специалистов, которые выступили на предприятиях автомобильной промышленности с лекциями об управлении качеством.

4.2. АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

Ниже описан простой метод анализа точности оборудования. Подчеркнута мысль о том, что инженер должен разделять ответственность за обеспечение высокого качества продукции.

Работы по планированию качества, выбору контрольно-измерительного инструмента и частоты контроля, анализу технологических возможностей оборудования необходимо включить в дополнительные обязанности инженера-технолога, если на предприятии нет службы управления качеством.

Анализ технологических возможностей оборудования играет важную роль на любом, успешно работающем предприятии. Во-первых, анализ точности оборудования позволяет ответить на вопрос: «Может ли данный станок обеспечить исходный или технологический допуск? Если нет, то какой допуск обеспечивает станок?». Во-вторых, ежегодно на большинстве предприятий составляют сметы капитальных затрат на приобретение оборудования и детальное обоснование по каждой единице оборудования. Причинами покупки нового оборудования могут быть расширение производственных мощностей, внедрение новых методов работы, замена старого оборудования.

В каждом случае следует проводить анализ технических возможностей оборудования. Чтобы пояснить эту мысль, разберем вопрос о замене старого оборудования новым. Возможны различные пути его решения: подремонтировать станок и использовать его еще один год; капитально отремонтировать станок; приобрести новый станок. Независимо от выбранного пути необходимо проанализировать точность станка. Например, если обработка должна проводиться с допуском $\pm 0{,}125$ мм, а станок обеспечивает точность $\pm 0{,}150$ мм, то этот станок еще можно использовать. Если же станок обеспечивает точность $\pm 0{,}25$ мм, решение должно быть совершенно иным.

Прежде чем решать проблему, надо определить ее масштабы. По мере стремительного роста цен на новое оборудование для хорошего руководителя становится правилом не только испытывать станок до его покупки, но и рассчитывать возможности станка перед его покупкой.

Многие фирмы, приобретающие новое оборудование, исходят из практического правила (и это оговаривается в контракте), по которому точность нового станка должна обеспечивать допуск не более 5/8 исходного допуска. Это служит гарантией того, что новый станок будет длительное время выдерживать заданную точность обработки.

Хотя между анализом производственных и технологических возможностей оборудования имеются различия (вопросы, на которые ищут ответа в ходе анализа, различны), методы проведения исследования и расчета совпадают.

Покажем сначала, как выполняется анализ точности станка

традиционным способом. Затем рассмотрим программу для ЭВМ, позволяющую автоматизировать эти расчеты.

При проведении анализа технологических возможностей оборудования руководствуются следующими основными правилами. Выборка должна быть непрерывной и объем ее должен быть не менее 64 ед., т. е. достаточно большим, чтобы обеспечить надежность результатов исследования. Выборки меньших размеров приводят к появлению систематической ошибки в результатах. Способы определения необходимого объема выборки при заданных доверительных интервалах рассмотрены в гл. 7.

При решении практических призводственных задач выборка объемом 64 ед. считается достаточно представительной. Если станок обрабатывает деталь в нескольких координатных осях, то анализ точности обработки следует проводить по каждой оси. Для такой детали необходимо измерять более одного качественного признака. Например, если станок настроен на обработку двух линейных размеров и двух диаметров, то анализ надо проводить, по крайней мере, для одного линейного размера и одного диаметра. При проведении исследования необходимо пользоваться микрометрическими инструментами, а не калибрами или специальными мерителями. Возникает вопрос: «Как измерять деталь?» Ответ на него мог бы стать темой целой книги.

Следующий фактор, который необходимо учитывать при анализе, это число шпинделей. Шестишпиндельный токарно-винторезный автомат надо рассматривать как шесть отдельных станков и проводить анализ точности для каждого шпинделя. Выборочные обследования часто показывают, что низкое качество обработки на таком станке объясняется погрешностями обработки на одном из шпинделей.

На многих предприятиях все еще используют для систематического выборочного контроля основных размеров контрольные карты с ранжированием средних арифметических. Данные, собранные с помощью таких карт за длительный период времени, позволяют определить, какую точность обработки обеспечивает станок. Однако инженер должен понимать, что точность обработки зависит от действий оператора (смена инструмента, подналадка станка) и не отражает точность собственно станка. Контрольные карты являются отличным средством контроля работы оператора, но они меньше подходят для анализа технологических возможностей оборудования, так как не позволяют получить ответы на многие вопросы.

Одна из целей анализа технологических возможностей оборудования заключается в том, чтобы отделить работу оператора от работы станка. Важное значение имеет правильная постановка вопроса, например, может ли станок выдерживать заданный допуск независимо от того, сколько времени тратит оператор на настройку инструмента.

Вот почему анализ проводится на основе непрерывной выборки. Существуют две общие формулы для расчета стандартного отклонения σ. Обе формулы дают одинаковые результаты, но используются

для различных целей. Если расчеты проводятся вручную, то проще использовать не сами значения случайной величины, а их отклонения от среднего арифметического значения:

$$\sigma = i\sqrt{\frac{\Sigma f d^2}{\Sigma f} - \left(\frac{\Sigma f d}{\Sigma f}\right)^2};$$

$$\bar{x} = A + \frac{\Sigma f d}{\Sigma f} i,$$

где $\bar{x}$ — среднее арифметическое значение; i — интервал; f — частота; d — отклонение; A — значение среднего элемента ранжированного ряда.

Пример расчетов вручную приведен в табл. 4.1. Для сбора исходных данных непосредственно на рабочем месте применяется специальная форма (рис. 4.1). Используя эту форму, инженер строит гистограмму распределения размеров деталей и определяет, насколько это распределение близко к нормальному (рис. 4.2).

4.1. Карта распределения частот

Наименование оборудования: токарно-револьверный станок
Номер детали: 12 345
Номинальный размер: 1,000 дюйм
Интервал: 0,001 дюйм

Дата 4/12/81
Наименование детали: цилиндр
Допуск: ±0,005 дюйм
Линейный размер/диаметр: линейный размер

Измерение x	Частота f	Отклонение	fd	d^2	fd^2
0,994	1	—6	—	36	36
0,995	3	—5	—15	25	75
0,996	6	—4	—24	16	96
0,997	5	—3	—15	9	45
0,998	8	—2	—16	4	32
0,999	10	—1	—	1	10
1,000	16	0	0	0	0
1,001	11	+1	11	1	11
1,002	10	+2	20	4	40
1,003	7	+3	21	9	63
1,004	5	+4	20	16	80
1,005	2	+5	10	25	50
1,006	1	+6	6	36	
	$\Sigma f = 85$		$\Sigma fd = 2$		$\Sigma fd^2 = 574$

Примечание: $\bar{x} = A + \frac{\Sigma fd}{\Sigma f} i = 1000 + \frac{2}{85} 0{,}001 = 1{,}000235 = 1{,}000;$

$$\sigma = 0{,}001\sqrt{\frac{574}{85} - \left(\frac{2}{85}\right)^2} = 0{,}00259 = 0{,}0026;$$

$$\bar{x} + 3\sigma = 1{,}000 + (3 \cdot 0{,}0026) = 1{,}0078;$$

$$\bar{x} - 3\sigma = 1{,}000 - (3 \cdot 0{,}0026) + 0{,}09922.$$

Допуск по чертежу (1,00±0,005) дюйм; точность обработки (1,000±0,0078) дюйм; A=1,000 дюйм — средний элемент ранжированного ряда.

Наименование оборудования: токарно-револьверный станок	Дата 4/12/81
Номер детали: 12 345	Наименование детали: цилиндр
Номинальный размер: 1,000 дюйм	Допуск ±0,005 дюйм
Интервал: 0,001 дюйм	Линейный размер/диаметр: линейный размер

	Результаты измерений	
0,992		
0,993		
0,994	1	*Нижнее отклонение допуска*
0,995	111	
0,996	1111 1	
0,997	1111	
0,998	1111 111	
0,999	1111 1111	
1,000	1111 1111 1111 1	
1,001	1111 1111 1	
1,002	1111 1111	
1,003	1111 11	
1,004	1111	
1,005	11	*Верхнее отклонение допуска*
1,006		
1,007		
1,008		

Рис. 4.1. Форма для анализа точности обработки (размер выборки 85 деталей)

Если номинальный размер по чертежу и фактический средний размер, полученный при обработке на станке, совпадают, то нет необходимости переналаживать станок. Если разность между этими значениями велика, необходимо отрегулировать станок так, чтобы средний размер приближался к номинальному. В этом случае на станке будет получено меньше дефектных деталей. Контрольные карты помогают настроить станок на соответствующий средний размер обработки. Оценить долю дефектных деталей можно по формуле

$$A = \frac{x - \bar{x}}{\sigma},$$

где A — отклонение, стандартные единицы; x — верхняя или нижняя контрольная граница. По рис. 4.2

$$A = \frac{1{,}005 - 1{,}000}{0{,}0026} = 1{,}92,$$

что соответствует 48,6 % площади под кривой, т. е. 1,4 % деталей имеют размеры, превышающие верхний допуск.

На рис. 4.2 фактический средний размер и номинальный размер совпадают, поэтому кривая симметрична и доля дефектных деталей с размерами меньше нижнего допуска также составляет 1,4 %.

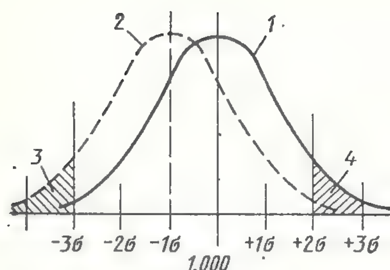


Рис. 4.2. Гистограммы распределения деталей:

1 — расчетная при номинальном среднем размере 1 дюйм; *2* — фактическая при среднем размере 0,9974 дюйм; *3* — область бракованных деталей; *4* — область неиспользованного допуска

Доля дефектных деталей геометрически равна сумме площадей, расположенных за пределами верхнего и нижнего допусков, и составляет 2,8 %.

С учетом нормальной вариации фактического среднего размера обработки, обусловленной изнашиванием инструмента и общепринятой заводской практикой настройки режущего инструмента на нижний допуск (это позволяет выпускать детали все больших размеров по мере изнашивания инструмента), можно ожидать, что разброс среднего арифметического для станка составит $\pm\sigma$. Если не контролировать средний размер обработки, то размер деталей может колебаться от 0,9896 дюйм (25, 135 мм) до 1,0104 дюйм (25, 664 мм), несмотря на то что станок позволяет обрабатывать линейный размер с допуском $\pm$ 0,0078 дюйм (0,198 мм).

Гистограмма на рис. 4.2 не скошена, не имеет двух вершин.

С помощью микроЭВМ инженер может быстро проанализировать точность оборудования, используя несложную программу, решающую большинство задач анализа. Ранее приведенная формула для расчета стандартного отклонения была получена из формулы

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (x - \overline{x})^2}{N}}.$$

Преобразования позволили упростить расчеты, производимые вручную. Для облегчения программирования основную формулу также следует преобразовать.

В программе STDEV (см. распечатку 4.2) используется преобразованная формула расчета стандартного отклонения, Гистограмма, приведенная на распечатке, имеет нормальную форму.

4.3. ПРОГРАММА STDEV

Программа занимает 1904 байт оперативной памяти. Время, затраченное на написание программы, составило около 1 ч. Это обычная программа, и нет необходимости комментировать ее построчно. Замечания будут касаться программы в целом. Инженеру-технологу необязательно самому разбираться в математических тонкостях и писать такую программу. Если технолог понимает принципы нормального распределения и их применение для анализа технологиче-

```
1 REM PROGRAM NAME STDEV
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
4 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
10 DIMX(25),F(25),N(25)
15 CLS
20 PRINT"THIS PROGRAM CALCULATES STANDARD DEVIATION"
30 PRINT"FOR MACHINE CAPABILITY STUDIES"
40 PRINT"AND WILL ACCEPT UP TO 25 ENTRIES"
50 PRINT"ENTER THE DATA ASKED FOR BY THE COMPUTER"
60 PRINT
70 PRINT
71 PRINT"TYPE IN THE MACHINE NAME"
72 INPUTA$
73 PRINT"TYPE IN THE MACHINE NUMBER"
74 INPUTB$
75 PRINT"TYPE IN THE MAX AND MIN SPEC., SEPARATE BY A COMMA"
76 INPUTS1,S2
77 INPUT"TYPE IN THE UNIT OF MEASURE";U
78 CLS
80 PRINT"INPUT THE TOTAL NUMBER OF LINE ENTRIES"
90 PRINT"EACH LINE ENTRY IS MADE UP OF A FREQUENCY OF X"
100 PRINT"AND THE VALUE OF X"
105 PRINT"START WITH THE SMALLEST ENTRY FIRST"
110 INPUT"TOTAL LINE ENTRIES";N
120 FORI=1TON
130 INPUT"ENTER X , THEN THE FREQUENCY , F, SEPARATE BY A COMMA";X(I),F(I)
140 REM X1=SUM X
150 REM X2=SUM X SQR
160 REM F1=SUM F
170 X1=X1+X(I)
180 X2=X2+X(I)[2*F(I)
190 F1=F1+F(I):X3=X3+(X(I)*F(I))
200 NEXTI
210 REM S=STD DEV
220 S=SQR((X2-(((X3/F1)[2)*F1))/F1)
240 XB=X3/F1
241 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"MACHINE CAPABILITY STUDY"
242 LPRINTCHR$(138)
243 LPRINT"MACHINE NAME  ";A$
244 LPRINT"MACHINE NUMBER   ";B$
245 LPRINTCHR$(138)
246 LPRINTCHR$(138)
250 LPRINTTAB(5);"ITEM";TAB(10);"FREQ";TAB(15);"MEASUREMENT";TAB(30);"BAR CHART"
260 LPRINTCHR$(138)
265 S3=S1+U
270 FORI=1TON
275 IFS2=X(I)THEN276ELSE277
276 LPRINT"        -----------SPEC-----------";S2:GOTO277
277 IFX(I)=S3THEN279ELSE280
279 LPRINT"        -----------SPEC-----------";S1:GOTO280
280 LPRINTTAB(5);I;TAB(10);F(I);TAB(18);X(I);
290 FORA=1TOF(I)
300 LPRINTTAB(30);"X";
310 NEXTA
320 LPRINT""
330 NEXTI
340 LPRINTCHR$(138):LPRINTCHR$(138)
350 LPRINT"THE AVERAGE IS";XB;"AND THE STANDARD DEVIATION IS";S
390 SA=(S1+S2)/2
400 R1=S*3:C=S*6
410 LPRINT,"LOW","AVERAGE","HIGH"
420 LPRINT"SPEC",S2,SA,S1
430 LPRINT""
440 LPRINT"ACTUAL",XB-R1,XB,XB+R1
```

```
450 LPRINT""
460 IF C>S1-S2THEN470ELSE480
470 LPRINT"THE MACHINE IS NOT CAPABLE":GOTO510
480 LPRINT"THE MACHINE IS CAPABLE":GOTO510
490 LPRINT"THE MACHINE IS NOT CAPABLE":GOTO510
500 LPRINT"THE MACHINE IS CAPABLE"
510 LPRINT"THE MACHINE IS CAPABLE OF";C;"WHICH IS 6 SIGMA"
520 END
```

Распечатка 4.1.

```
MACHINE CAPABILITY STUDY

MACHINE NAME  LE BLOND N/C LATHE
MACHINE NUMBER   12345


     ITEM FREQ MEASUREMENT    BAR CHART

      1    3       .995       XXX
      -----------SPEC----------- .996
      2    6       .996       XXXXXX
      3    10      .997       XXXXXXXXXX
      4    14      .998       XXXXXXXXXXXXXX
      5    16      .999       XXXXXXXXXXXXXXXX
      6    20      1          XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
      7    18      1.001      XXXXXXXXXXXXXXXXXX
      8    15      1.002      XXXXXXXXXXXXXXX
      9    10      1.003      XXXXXXXXXX
      10   6       1.004      XXXXXX
      -----------SPEC----------- 1.004
      11   1       1.005      X

THE AVERAGE IS .99995 AND THE STANDARD DEVIATION IS 2.23624E-03
                LOW              AVERAGE          HIGH
SPEC             .996             1                1.004
ACTUAL           .993241          .99995           1.00666
THE MACHINE IS NOT CAPABLE
THE MACHINE IS CAPABLE OF .0134175 WHICH IS 6.SIGMA
```

Распечатка 4.2.

ских возможностей оборудования, он может использовать готовую программу (распечатки 4.1, 4.2). Это позволяет поручить систематическое проведение анализа точности оборудования специалистам с меньшей квалификацией. В техническом отделе должны храниться исходные данные на все технологические процессы.

Комментарии к программе.

Строка 10: DIMX(20), F(25), N (25)

В этой строке оператором DIM задаются размерности массивов; X — массив значений размеров обработки, F — массив значений частоты интервалов. Если в программе размерность массива не указывается явно с помощью оператора DIM, то под массив отводится по умолчанию 10 последовательных ячеек памяти.

Строка 130: INPUT «ENTER X THEN» THE FREQUENCY, E, SEPARATE BY A COMMA; X (I), F (I)

Анализ точности станка
Наименование станка: токарный станок с ЧПУ
Номер станка 12 345

Номер интервала	Частота		Измерение	Гистограмма	
1	3		0,995	XXX	
		Граница			0,996
2	6		0,996	XXXXXX	
3	10		0,997	XXXXXXXXXX	
4	14		0,998	XXXXXXXXXXXXXX	
5	16		0,999	XXXXXXXXXXXXXXXX	
6	20		1	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
7	18		1,001	XXXXXXXXXXXXXXXXXX	
8	15		1,002	XXXXXXXXXXXXXXX	
9	10		1,003	XXXXXXXXXX	
10	6		1,004	XXXXXX	
		Граница			1,004
11	1		1,005	X	

Средний размер 0,99995 Стандартное отклонение 2,23624E—03

	Нижняя	Средняя	Верхняя
Границы	0,996	1	1,004
Размер	0,993241	0,99995	1,00666

Станок не обеспечивает заданной точности
Станок обеспечивает допуск 0,0134175, что составляет 6 сигма

В этой строке X (I) и F (I) — индексированные переменные. Они включены в цикл FOR — NEXT с параметром I. Применение переменных с индексами позволяет сохранить их значения в памяти ЭВМ. Например, при первом выполнении цикла ЭВМ поместит первое значение переменной X (0,995 дюйм) в ячейку памяти с адресом X (1), при втором выполнении — второе значение переменной X (0,996 дюйм) в следующую ячейку памяти с адресом X (2) и т. д. В дальнейшем программа извлечет необходимые значения из памяти, называя адреса ячеек: X (1), X (2) и т. д.

Строка 170: X1 = X1 + X (I)
Строка 180: X2 = X2 + X (I) [2 * F (I)
Строка 190: F1 = F1 + F (I):X3 = X3 + (X (I) * F (I))

Среднее арифметическое совокупности наблюдений $\bar{x}$ в программе определяется после введения всех исходных данных. Поэтому в строках 170—190 выполняются следующие действия:

строка 170: нарастающим итогом подсчитывается сумма значений X;

строка 180: нарастающим итогом подсчитывается сумма произведений квадратов значений X на соответствующую частоту;

строка 190: накапливаются сумма частот и сумма произведений значений X на соответствующую частоту;

строка 220: S = SQR ((X23 — (((X3/F1) [2) * F1))/F1)

В этой строке рассчитывается стандартное отклонение. Преобразованная формула для расчета стандартного отклонения имеет вид:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma x^2 f - \left(\frac{\Sigma f x}{\Sigma n}\right)^2 \Sigma n}{\Sigma n}}.$$

Оператор в строке 250 начинает печать гистограммы.

В строках 275 и 277 осуществляется проверка условий для последующего вывода на печать нижнего и верхнего отклонений допуска. Печать контрольных границ выполняется операторами в строках 276 и 279. Чтобы напечатать исходные данные (цикл с параметром I) и последовательность символов x (цикл с параметром А), используется вложенный цикл.

Программа анализа точности оборудования позволяет не только проводить расчеты, но и отображать информацию в графическом виде.

Несколько лет назад одна из автомобильных компаний разработала упрощенный метод анализа точности оборудования. В основе его лежала непрерывная выборка из 64 деталей, изготовленных на данном станке, которая разделялась на группы по 8,16 и 32 детали. Применяя этот метод, инженер мог быстро провести анализ и ответить на вопрос: можно ли на станке обрабатывать данную деталь или нельзя. Однако этот метод, разработанный до появления микроЭВМ, имел много недостатков.

Исследования точности каждого станка необходимо проводить не реже одного раза в год. Результат такого анализа представляет большой интерес для специалистов, занятых разработкой технологических процессов и ремонтом оборудования. Решение только этой задачи уже оправдало бы затраты на покупку микроЭВМ. Ясное представление о точности каждого станка становится важным условием снижения брака, обеспечения высокого качества готовых изделий, снижения себестоимости.

Проверку качества продукции в цехах заводов-изготовителей целесообразно дополнить оперативным анализом технологических возможностей оборудования на микроЭВМ.

Упражнение 4.1 (наименее трудное). Написать программу с использованием распределения Пуассона. Формула имеет вид:

$$P(c) = \frac{\mu'^c e - \mu'}{c!},$$

где $\mu' = Np'$; N — объем выборки; p' — доля бракованных деталей, %; c — число событий.

Упражнение 4.2 (трудное). Внести изменения в программу STDEV, включив в нее расчет доли бракованных деталей. Площади под кривой, выражающие вероятность появления бракованных деталей, рассчитывают по формуле

$$Y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/(2\sigma^2)},$$

где μ — среднее значение генеральной совокупности; σ — стандартное отклонение генеральной совокупности.

Глава 5
ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Инженер-технолог обязан знать принципы обоснованного выбора оборудования. Производительность труда в США застыла на месте, в то время как инфляция неудержимо растет. Одним из основных путей решения этой проблемы является внедрение нового современного оборудования.

Большинство инженеров-технологов чувствует себя неуверенно при общении с финансистами. Мир финансового работника полон цифр. Он оперирует такими понятиями, как прибыль, убытки, амортизационные отчисления, налоговые льготы, капиталовложения, в то время как инженер связан с механическими устройствами, электронными схемами, рационализаторскими предложениями по снижению себестоимости изделия. По этим причинам (и по другим) в этой главе рассмотрены формулы оценки денежных средств; амортизация; распространенные методы анализа экономической эффективности капитальных вложений; сметы затрат на оборудование.

Цель этой главы — показать инженеру-технологу, что, используя микроЭВМ и зная основы экономики, он может с большей уверенностью добиваться выделения денежных ресурсов, необходимых для обеспечения роста производительности труда.

Программа MONEY призвана познакомить инженера-технолога с несложными формулами для оценки денежных средств, которые применяются при расчете первоначальной стоимости, суммы денег в будущем, предполагаемой ставки банковского процента. Возможно, инженеру-технологу и не потребуется проводить такие расчеты в своей практической деятельности, но ему полезно ознакомиться с этой программой в учебных целях.

5.1. ПРОГРАММА MONEY

Эта программа занимает 3481 байт памяти (распечатка 5.1).

Комментарии к программе. На примере этой программы хорошо видно, как легко программировать, используя язык Бэйсик. Математические операции занимают в тексте программы шесть строк. Остальная часть программы состоит из операторов, содержащих инструкции пользователю, и операторов LPRINT.

Ценность предполагаемых капиталовложений

Первоначальная стоимость капитала, долл., 10 000
Процентная ставка 0,18
Число периодов в год 360
Число лет 3
Стоимость, долл., 17 158,4

Первоначальная стоимость капиталовложений

Если стоимость в будущем составит 20 000 долл.
Процентная ставка 0,18
Число периодов в год 12
Число лет 5
Первоначальная стоимость капитала, долл., 8185,98

Фактическая процентная ставка

Номинальная процентная ставка 0,18
Число периодов в год 360
Фактическая процентная ставка 0,197217

Номинальная процентная ставка

Первоначальная стоимость капиталовложений, долл., 20 000
Стоимость в будущем, долл., 25 000
Число периодов в год 360
Число лет 3
Номинальная процентная ставка 0,0743713
Фактическая процентная ставка 0,0772175

К распечатке 5.1.

Программа делится на четыре модуля и позволяет рассчитать ценность предполагаемого вложения капитала; первоначальную стоимость капитальных вложений; фактическую процентную ставку; номинальную процентную ставку. Для каждого модуля приведена соответствующая расчетная формула.

Под ценностью предполагаемого вложения капитала понимают стоимость, которую через заданное число лет имели бы вместе с на-

```
1 REM PROGRAM NAME MONEY
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
4 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
10 CLS
20 PRINT"THIS PROGRAM CALCULATES THE RELATIONSHIP"
30 PRINT"OF VERIOUS TYPES OF INVESTMENTS"
40 PRINT:PRINT:PRINT
50 PRINT"TYPE IN THE MODULE NUMBER YOU WISH TO WORK WITH"
60 PRINT:PRINT
70 PRINT"FUTURE VALUE OF AN INVESTMENT---------------1"
80 PRINT"INITIAL VALUE OF AN INVESTMENT--------------2"
90 PRINT"EFFECTIVE INTEREST RATE---------------------3"
100 PRINT"NOMINAL INTEREST RATE----------------------4"
110 INPUTX
120 ONXGOTO130,300,470,620
130 CLS:REM FUTURE VALUE
131 PRINT"THIS MODULE CALCULATES THE FUTURE VALUE OF AN INVESTMENT"
132 PRINT"BY INPUTTING AN INITIAL INVESTMENT,INTEREST RATE AND"
133 PRINT"YEARS THE INVESTMENT IS OUTSTANDING"
```

```
134 PRINT:PRINT
140 INPUT"TYPE IN INITIAL INVESTMENT DOLLARS";P
150 INPUT"TYPE IN INTEREST RATE (AS A DECIMAL)";I
160 INPUT"TYPE IN NO. OF COMPOUNDING PERIODS";N
170 INPUT"TYPE IN NO. OF YEARS";Y
180 T=P*(1+(I/N))[(N*Y)
190 LPRINTTAB(20);CHR$(27);CHR$(14);"FUTURE VALUE"
200 LPRINTCHR$(138)
210 LPRINTTAB(10);"FOR AN INITIAL INVESTMENT OF $";P;"DOLLARS"
220 LPRINTTAB(10);"AT AN INTEREST RATE OF";I;"PERCENT"
230 LPRINTTAB(10);"COMPOUNDED ";N;"PERIODS PER YEAR"
240 LPRINTTAB(10);"FOR";Y;"YEARS"
250 LPRINTTAB(10);"THE FUTURE VALUE IS $";T;"DOLLARS"
255 LPRINTCHR$(138):LPRINTCHR$(138)
260 PRINT"TYPE 1 FOR MENU-----2 FOR ANOTHER CALCULATION"
270 PRINT"OR 3 TO EXIT"
280 INPUTX
290 ONXGOTO10,130,800
300 CLS:REM INITIAL VALUE
301 PRINT"THIS MODULE CALCULATES THE INITIAL VALUE OF AN INVESTMENT"
302 PRINT"BY INPUTTING THE FUTURE VALUE OF THE INVESTMENT,INTEREST"
303 PRINT"RATE AND YEARS OUTSTANDING FOR THE INVESTMENT"
304 PRINT:PRINT
310 INPUT"TYPE IN FUTURE INVESTMENT DOLLARS";T
320 INPUT"TYPE IN INTEREST RATE (AS A DECIMAL)";I
330 INPUT"TYPE IN NO. OF COMPOUNDING PERIODS";N
340 INPUT"TYPE IN NO. OF YEARS";Y
350 P=T/((1+(I/N))[(N*Y))
360 LPRINTTAB(20);CHR$(27);CHR$(14);"INITIAL VALUE"
370 LPRINTCHR$(138)
380 LPRINTTAB(10);"FOR A FUTURE INVESTMENT OF $";T;"DOLLARS"
390 LPRINTTAB(10);"AT AN INTEREST RATE OF";I;"PERCENT"
400 LPRINTTAB(10);"COMPOUNDED";N;"PERIODS PER YEAR"
410 LPRINTTAB(10);"FOR";Y;"YEARS"
420 LPRINTTAB(10);"THE INITIAL VALUE IS $";P;"DOLLARS"
425 LPRINTCHR$(138):LPRINTCHR$(138)
430 PRINT"TYPE 1 FOR MENU --------2 FOR ANOTHER CALCULATION"
440 PRINT"OR 3 TO EXIT"
450 INPUTX
460 ONXGOTO10,300,800
470 CLS:REM EFFECTIVE INTEREST RATE
471 PRINT"THIS MODULE CALCULATES EFFECTIVE INTEREST RATE"
472 PRINT"EFFECTIVE INTEREST RATE WILL VARY DEPENDING ON THE"
473 PRINT"NUMBER OF COMPOUNDING PERIODS"
474 PRINT:PRINT
480 INPUT"TYPE IN NOMINAL INTEREST RATE (AS A DECIMAL)";I
490 INPUT"TYPE IN NO. OF COMPOUNDING PERIODS";N
500 IFN>20THEN520ELSE510
510 E=((1+(I/N))[N)-1:GOTO530
520 E=EXP(I)-1:GOTO530
530 LPRINTTAB(20);CHR$(27);CHR$(14);"EFFECTIVE INTEREST RATE"
540 LPRINTCHR$(138)
550 LPRINTTAB(10);"FOR A NOMINAL INTEREST RATE OF";I;"PERCENT"
560 LPRINTTAB(10);"AND FOR";N;"COMPOUNDING PERIODS"
570 LPRINTTAB(10);"THE EFFECTIVE INTEREST RATE IS";E;"PERCENT"
575 LPRINTCHR$(138):LPRINTCHR$(138)
580 PRINT"TYPE 1 FOR MENU -----------2 FOR ANOTHER CALCULATION"
590 PRINT"OR 3 TO EXIT"
600 INPUTX
610 ONXGOTO10,470,800
620 CLS:REM NOMINAL INTEREST RATE
621 PRINT"THIS MODULE CALCULATES BOTH EFFECTIVE AND NOMINAL"
```

```
622 PRINT"INTEREST RATES BASED UPON AN INITIAL INVESTMENT AND"
623 PRINT"THE FUTURE VALUE OF THAT INVESTMENT"
624 PRINT:PRINT
630 INPUT"TYPE IN INITIAL INVESTMENT";P
640 INPUT"TYPE IN FUTURE VALUE";T
650 INPUT"TYPE IN NO. OF COMPOUNDING PERIODS";N
660 INPUT"TYPE IN NO. OF YEARS";Y
670 I=(N*((T/P)[(1/(N*Y))))-N
680 E=((T/P)[(1/Y))-1
690 LPRINTTAB(20);CHR$(27);CHR$(14);"NOMINAL INTEREST RATE"
700 LPRINTCHR$(138)
710 LPRINTTAB(10);"FOR AN INITIAL INVESTMENT OF $";P;"DOLLARS"
720 LPRINTTAB(10);"WITH A FUTURE VALUE OF $";T;"DOLLARS"
730 LPRINTTAB(10);"AND WITH";N;"COMPOUNDING PERIODS FOR";Y;"YEARS"
740 LPRINTTAB(10);"THE NOMINAL INTEREST RATE IS";I;"PERCENT"
750 LPRINTTAB(10);"AND THE EFFECTIVE INTEREST RATE IS";E;"PERCENT"
755 LPRINTCHR$(138):LPRINTCHR$(138)
760 PRINT"TYPE 1 FOR MENU ---------2 FOR ANOTHER CALCULATION"
770 PRINT"OR 3 TO EXIT"
780 INPUTX
790 ONXGOTO10,620,800
800 END
```

```
          FUTURE  VALUE

FOR AN INITIAL INVESTMENT OF $ 10000 DOLLARS
AT AN INTEREST RATE OF .18 PERCENT
COMPOUNDED  360 PERIODS PER YEAR
FOR 3 YEARS
THE FUTURE VALUE IS $ 17158.4 DOLLARS

          INITIAL  VALUE

FOR A FUTURE INVESTMENT OF $ 20000 DOLLARS
AT AN INTEREST RATE OF .18 PERCENT
COMPOUNDED 12 PERIODS PER YEAR
FOR 5 YEARS
THE INITIAL VALUE IS $ 8185.98 DOLLARS

          EFFECTIVE  INTEREST  RATE

FOR A NOMINAL INTEREST RATE OF .18 PERCENT
AND FOR 360 COMPOUNDING PERIODS
THE EFFECTIVE INTEREST RATE IS .197217 PERCENT

          NOMINAL  INTEREST  RATE

FOR AN INITIAL INVESTMENT OF $ 20000 DOLLARS
WITH A FUTURE VALUE OF $ 25000 DOLLARS
AND WITH 360 COMPOUNDING PERIODS FOR 3 YEARS
THE NOMINAL INTEREST RATE IS .0743713 PERCENT
AND THE EFFECTIVE INTEREST RATE IS .0772175 PERCENT
```

Распечатка 5.1.

численным сложными процентами X долл., положенные в банк на i %:

$$T = P(1 + i/N)^{NY},$$

где T — сумма денег в будущем; P — первоначальная стоимость капитальных вложений; i — процентная ставка; N — время, за которое начисляются сложные проценты; Y — число лет.

МикроЭВМ TRS-80 дает правильный результат при расчете по этой формуле суммы денег в будущем, если $N \leqslant 20$. В противном случае необходимо использовать натуральные логарифмы, но при этом появляется незначительная погрешность. При расчете фактической процентной ставки результат получается одинаковым при использовании сложных процентов или натуральных логарифмов.

Для определения первоначальной стоимости капитальных вложений потребуется преобразовать формулу к виду, который позволит ответить на вопрос, сколько денег надо инвестировать, чтобы достичь заданной ценности предполагаемого вложения капитала:

$$P = T(1 + i/N)^{-NY} = T/(1 + i/N)^{NY}.$$

Если ЭВМ не позволяет использовать отрицательные показатели степени, следует применять формулу с положительным показателем.

Фактическая процентная ставка представляет собой ставку, на которую помещается в банк капитал, с тем чтобы его первоначальная стоимость возросла в будущем до определенной суммы:

$$E = (1 + i/N)^N - 1,$$

где E — фактическая процентная ставка.

Инженеру полезно знать, с какого момента ЭВМ начинает действовать по «умолчанию». В этом ему окажет помощь небольшая программа:

```
10 FOR N =1 TO 100
20 E = ((1 + (0,06/N)) [N) — 1
30 LPRINT N, E
40 NEXTN
```

Номинальную процентную ставку можно определить, преобразовав формулу для фактической процентной ставки:

$$i = N(T/P)^{\frac{1}{N \cdot Y}} - N.$$

Выше приведены результаты работы программы MONEY. Ценность этой программы заключается в том, что она позволяет оперативно провести расчеты, связанные с обоснованием заявки на финансирование. Это дает возможность инженеру быстро оценить различные варианты капитальных затрат. Например, из первой распечатки результатов работы этой программы видно, что ценность предпола-

гаемого сейчас вложения 10000 долл. через три года должна составить 17 000 долл., чтобы конкурировать с существующими ставками банковского процента. Эта программа приведена скорее с целью обучения, чем для использования в повседневной практике. Поработав с программой небольшое время, инженер начинает понимать действительную ценность денег при различных вариантах капиталовложений.

5.2. РАСЧЕТ АМОРТИЗАЦИОННЫХ ОТЧИСЛЕНИЙ

Правительство разрешает промышленным предприятиям обесценивать оборудование по мере истечения срока его службы. Хотя расчетом амортизационных отчислений оборудования всегда занимается бухгалтерия, инженеру-технологу иногда приходится составлять амортизационный регламент для обоснования выбора оборудования. И если бухгалтерия не передает таких сведений в технический отдел, инженер-технолог рассчитывает их самостоятельно. Кроме того, учет влияния амортизационных отчислений на окупаемость затрат, на оборудование, особенно в первые годы его службы, позволяет инженеру, проводящему анализ, уяснить, как изменяется доход на вложенный капитал при различных схемах амортизационных отчислений. Хотя правительство может разрешить любую разумную схему амортизационных отчислений, на практике обычно используют три метода расчета.

Самый простой — это метод равномерных амортизационных отчислений. Широко применяются и два других метода: суммы чисел и уменьшающегося балансового остатка, позволяющие списывать основной капитал ускоренными темпами в начале амортизационного периода. В обычной бухгалтерской практике амортизационные отчисления рассматриваются как элемент затрат. В этом случае объем валовой прибыли уменьшается на величину амортизационных отчислений и предприятие выплачивает меньшую сумму налога, так как амортизационные отчисления вычитаются из прибыли до расчета налогов. Затраты на капиталовложения могут окупиться быстрее, если амортизационные отчисления (затраты) «списываются» в бо́льших размерах в первые годы. В некоторых методах, используемых для обоснования выбора оборудования, учтено это обстоятельство.

Решение о выборе того или иного метода расчета амортизационных отчислений принимают финансовые службы, а не работники технического отдела, однако важно, чтобы инженер-технолог знал эти методы и их влияние на результаты экономического обоснования.

Инженер-технолог устанавливает срок службы оборудования. Этот параметр влияет на норму амортизационных отчислений.

В настоящее время правительство предоставляет налоговую скидку, чтобы ускорить окупаемость капитальных вложений. В последние годы налоговая льгота колебалась, но сейчас достигает 10 %. Таким образом, до 10 % стоимости основных фондов может быть спи-

сано дополнительно к ставке амортизационных отчислений, рассчитанной на данный год.

Ниже приведены примеры расчетов амортизационных отчислений различными методами.

Метод равномерных амортизационных отчислений. В этом примере использованы три показателя. Пусть срок службы нового станка $T = 5$ лет, а его стоимость 1100 долл. Остаточная стоимость 100 долл. Суммарные амортизационные отчисления за год могут быть подсчитаны по следующей формуле:

$$\Sigma = \frac{A - B}{T},$$

где A — первоначальная стоимость станка; B — остаточная стоимость станка;

$$\Sigma = \frac{1100 - 100}{5} = 200 \text{ долл.}$$

Результаты расчета приведены в табл. 5.1.

5.1. Расчет равномерных амортизационных отчислений, долл.

Год	Стоимость на начало года	Амортизационные отчисления	Стоимость на конец года
1	1100	200	900
2	900	200	700
3	700	200	500
4	500	200	300
5	300	200	100

5.2. Расчет амортизационных отчислений по методу суммы чисел, долл.

Год	Стоимость на начало года	Значение дроби	Амортизационные отчисления	Стоимость на конец года
1	1100	5/15	333,33	766,67
2	766,67	4/15	266,67	500,00
3	500,00	3/15	200,00	300,00
4	300,00	2/15	133,33	166,67
5	166,67	1/15	66,67	99,99

Метод «суммы чисел». При расчетах этим методом применяются те же самые показатели, которые и используются для расчета по методу равномерных амортизационных отчислений. Ставки амортизационных отчислений дифференцированы по годам и уменьшаются с каждым годом. Расчеты по этому методу проводят в следующей последовательности.

1. Рассчитывают сумму чисел в зависимости от срока амортизации:

$$n = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 = 15.$$

2. Рассчитывают суммарные амортизационные отсчисления за первый год по формуле

$$\Sigma = (A - B)\, T/n,$$

$$\Sigma = (1100 - 100) 5/15 = 333{,}33 \text{ долл.}$$

5.3. Расчет амортизационных отчислений по методу уменьшающегося балансового остатка, долл.

Год	Стоимость на начало года	Амортизационные отчисления	Стоимость на конец года
1	1100,00	440,00	660,00
2	660,00	264.00	396,00
3	396.00	158,40	237,00
4	237,00	95,04	142,56
5	142,56	57,02	85,54

Стоимость на конец первого года составляет 766,67 долл. (табл. 5.2).

3. Для расчета суммарных амортизационных отчислений за второй год используют ту же формулу:

$$\Sigma = (1100—100)\ 4/15 = $$
$$= 266{,}67 \text{ долл.}$$

4. Проводят расчеты для оставшегося срока амортизации, подставляя в формулу дроби соответственно 3/15, 2/15, 1/15. Результаты расчета приведены в табл. 5.2. Из табл.5.2. следует, что в первые годы амортизация идет ускоренными темпами.

Метод уменьшающегося балансового остатка. Для этого метода расчета амортизационных отчислений необходимо задать коэффициент амортизации KA. Примем первоначально $KA = 2$. Учитывая, что срок амортизации 5 лет, получим $KA = \frac{2}{5} = 0{,}4$. Суммарные амортизационные отчисления за первый год рассчитывают по формуле

$$\Sigma = A \cdot KA,$$

$$\Sigma = 1100 \cdot 0{,}4 = 440 \text{ долл.}$$

Необходимо рассчитать стоимость станка на начало второго года

$$D = A - \Sigma.$$

Для рассматриваемого примера стоимость на начало второго года составляет 660 долл. Снижение стоимости на начало каждого года показано в табл. 5.3. Расчеты суммарных амортизационных отчислений за год для последующих лет проводятся по формуле

$$\Sigma = D \cdot KA.$$

Остаточная стоимость равна стоимости на конец срока амортизации (в примере 85,54 долл. при сроке амортизации 5 лет). Налоговое управление разрешает рассчитывать сумму амортизационных отчислений с учетом не только стоимости основных производственных фондов, но и других элементов затрат. К ним относятся затраты на доставку и монтаж оборудования, оснащение инструментом, проектно-конструкторские работы. Предприятие может отнести элемент затрат к затратам на производственную деятельность или к основным производственным фондам и амортизировать. Цель, конечно, в том, чтобы «списать» элемент затрат как можно скорее. Однако существует ряд ограничений, которые следует учитывать. Временная оснастка инструментами и приспособлениями, например, никогда не заносится на баланс предприятия, потому что она временная. Постоянная оснастка в зависимости от срока службы может рассмат-

риваться как самостоятельный элемент основных производственных фондов. Другим ограничением является минимальная стоимость. Если элемент расходов не превышает 200 долл., он может быть отнесен к затратам на производственную деятельность. Никто не станет заносить его на баланс предприятия в связи с большой трудоемкостью учета. Многие фирмы устанавливают минимальный размер стоимости элемента, который может быть отнесен к основным фондам, при условии, что удовлетворяются другие требования.

Следует упомянуть еще об одном условии. Возможна встречная продажа старого оборудования в счет частичной оплаты нового. В бухгалтерском учете существует термин «основа учета». Основой учета для нового оборудования являются затраченные на его приобретение наличные деньги. При встречной продаже стоимость нового оборудования уменьшается и корректируется начальная стоимость на первый год срока службы оборудования. Безусловно, это уменьшение должно увязываться с балансовой стоимостью старого оборудования по бухгалтерским книгам, если таковые еще существуют.

5.3. ПРОГРАММА DEP

Программа занимает 3605 байт памяти (распечатка 5.2). Она позволяет рассчитывать амортизационные отчисления любым из трех рассмотренных методов. Пользователь может получить распечатку с результатами расчетов по одному или по всем трем методам, что дает возможность провести быстрое сравнение при оценке предложений.

Амортизационный регламент

Капитальные вложения, долл., 50 000
Доставка, долл., 1000
Затраты на монтаж, долл., 3000
Прочие затраты (проектно-конструкторские работы)
Затраты на проектно-конструкторские работы, долл., 5000
Общие затраты, долл., 65 000
Срок службы оборудования, 8 лет

Метод равномерных амортизационных отчислений

Предполагаемая закупка **Станок с ЧПУ**

Год	Начальная стоимость	Амортизационные отчисления	Остаточная стоимость
1	65 000	7250	57 750
2	57 750	7250	50 500
...	...	...	...
8	14 250	7250	7000

К распечатке 5.2.

```
1 REM PROGRAM NAME DEP
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
4 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
10 CLS:CLEAR100
20 PRINT"THIS PROGRAM CALCULATES DEPRECIATION SCHEDULES"
30 PRINT"FOR THREE DIFFERENT TYPES OF DEPRECIATION"
40 PRINT"TYPE IN THE MODULE NUMBER YOU WISH TO WORK WITH"
50 PRINT:PRINT
60 PRINT"STRAIGHT LINE DEPRECIATION------------1"
70 PRINT"DOUBLE DECLINING BALANCE--------------2"
80 PRINT"SUM OF YEAR DIGITS--------------------3"
90 INPUTX
100 CLS:ONXGOTO110,360,560
110 REM STRAIGHT LINE DEPRECIATION
120 GOSUB1000:GOSUB1500:GOSUB2520
130 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"STRAIGHT LINE DEPRECIATION"
131 GOSUB2010:GOSUB2520
190 T2=(T-S)
200 FORI=1TON
230 D=(T-S)/N
240 D2=D2+D
250 E=T-D2
260 LPRINTI,T-D1,D,E
270 D1=D1+D
280 NEXTI
290 LPRINTCHR$(138)
300 PRINT"TYPE 1 FOR A DOUBLE DECLINING BALANCE PRINT OUT"
310 PRINT"TYPE 2 FOR A SUM OF DIGITS PRINT OUT"
320 INPUT"OR TYPE 3 TO EXIT";X
330 ONXGOTO371,571,350
350 END
360 REM DDB
370 GOSUB1000:GOSUB1500:GOSUB2520
371 LPRINTCHR$(27)CHR$(14);"DOUBLE DECLINING BALANCE"
372 GOSUB2010:GOSUB2520
380 INPUT"TYPE IN THE DOUBLE DECLINING BALANCE FACTOR (UP TO 2)";F1
390 F=F1/N:E=T3
400 FORI=1TON
430 D=E*F
440 D2=D2+D
450 E=T3-D2
460 LPRINTI,T3-D1,D,E
470 D1=D1+D
480 NEXTI
481 LPRINTCHR$(138)
482 LPRINT"THE DDB FACTOR USED IS";F1
490 LPRINTCHR$(138)
500 PRINT"TYPE 1FOR A STRAIGHT LINE PRINT OUT"
510 PRINT"TYPE 2 FOR A SUM OF DIGITS PRINT OUT"
520 INPUT"OR TYPE 3 TO EXIT";X
530 ONXGOTO130,571,550
550 END
560 REM SUM OF DIGITS
570 GOSUB1000:GOSUB1500:GOSUB2520
571 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"SUM OF DIGITS"
572 GOSUB2010:GOSUB2520
580 FORI=1TON:N1=N1+I:NEXTI
590 T2=(T4-S)
600 FORI=NTO1STEP-1
630 D=T2*(I/N1)
640 D2=D2+D
650 E=T4-D2
660 LPRINT(N+1)-I,T4-D1,D,E
670 D1=D1+D
```

```
680 NEXTI
690 LPRINTCHR$(138)
700 PRINT"TYPE 1 FOR A STRAIGHT LINE PRINT OUT"
710 PRINT"TYPE 2 FOR A DOUBLE DECLINING BALANCE PRINT OUT"
720 INPUT"TYPE 3 TO EXIT";X
730 ONXGOTO130,371,750
750 END
1000 INPUT"TYPE IN THE PROJECT NAME";A$
1001 CLS
1010 PRINT"THE NEXT SERIES OF QUESTIONS RELATE TO CAPITAL EXPENDITURES"
1020 PRINT
1030 PRINT"CAPITAL EXPENSE, FREIGHT, INSTALLATION AND TOOLING"
1040 PRINT"ARE ALL INPUTTED SEPARATELY."
1050 PRINT"IF THERE ARE NO OTHER EXPENSES OTHER THEN THE"
1060 PRINT"INITIAL CAPITAL EXPENSE THEN TYPE 0 FOR THESE QUESTIONS"
1080 INPUT"TYPE IN THE CAPITAL EXPENSE DOLLARS";C
1081 CLS
1090 INPUT"TYPE IN THE FREIGHT DOLLARS";C1
1100 INPUT"TYPE IN INSTALLATION COSTS";C2
1110 INPUT"TYPE IN TOOLING EXPENSE";C3
1120 PRINT"ARE THERE ANY OTHER CAPITAL EXPENSES"
1130 INPUT"TYPE Y FOR YES OR N FOR NO";B$
1140 IFB$="Y"THEN1150ELSE1170
1150 INPUT"TYPE IN THE OTHER EXPENSES NAME";C$
1160 INPUT"THE DOLLARS FOR THIS EXPENSE IS";C4
1170 T=C+C1+C2+C3+C4

1220 INPUT"THE NUMBER OF YEARS OF THE ASSET LIFE IS";N
1230 PRINT:PRINT:PRINT"A SALVAGE VALUE IS USED ONLY FOR STRAIGHT LINE "
1240 PRINT"DEPRECIATION OR SUM OF DIGITS BUT NOT FOR"
1250 PRINT"DOUBLE DECLINING BALANCE (TYPE 0 IF NOT USED)"
1255 PRINT"OR TYPE IN A SALVAGE VALUE IF LATER YOU WISH OTHER PRINTOUTS"
1260 INPUT"TYPE IN THE SALVAGE VALUE";S
1265 GOSUB2500
1270 RETURN
1500 LPRINTCHR$(138)
1505 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"DEPRECIATION SCHEDULE"
1506 LPRINTCHR$(138)
1510 LPRINT"CAPITAL EXPENSE IS $";C
1520 LPRINT"FREIGHT IS $";C1
1530 LPRINT"INSTALLATION EXPENSE IS $";C2
1540 LPRINT"TOOLING EXPENSE IS $";C3
1550 IFB$="N"THEN1580ELSE1560
1560 LPRINT"OTHER EXPENSE IS ";C$
1570 LPRINT"DOLLARS FOR ";C$;" ARE $";C4
1580 LPRINTCHR$(138)
1590 LPRINT"THE TOTAL EXPENSE IS $";T
1600 LPRINTCHR$(138)
1630 LPRINT"ASSET LIFE IS";N;"YEARS"
1640 LPRINTCHR$(138)
1650 RETURN
2010 LPRINTCHR$(138)
2020 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"PROJECT NAME      ";A$
2030 LPRINTCHR$(138)
2040 LPRINT"YEAR","BEGINNING VALUE","DEPRECIATION","ENDING VALUE"
2050 LPRINTCHR$(138)
2060 RETURN
2500 REM T3=DDB TOT  T4=SOD TOT
2510 T3=T:T4=T:RETURN
2520 D=0:D1=0:D2=0:E=0:T2=0:RETURN
```

DEPRECIATION SCHEDULE

CAPITAL EXPENSE IS $ 50000
FREIGHT IS $ 1000
INSTALLATION EXPENSE IS $ 3000
TOOLING EXPENSE IS $ 6000
OTHER EXPENSE IS ENGINEERING
DOLLARS FOR ENGINEERING ARE $ 5000

THE TOTAL EXPENSE IS $ 65000

ASSET LIFE IS 8 YEARS

STRAIGHT LINE DEPRECIATION

PROJECT NAME N/C LATHE

YEAR	BEGINNING VALUE	DEPRECIATION	ENDING VALUE
1	65000	7250	57750
2	57750	7250	50500
3	50500	7250	43250
4	43250	7250	36000
5	36000	7250	28750
6	28750	7250	21500
7	21500	7250	14250
8	14250	7250	7000

DOUBLE DECLINING BALANCE

PROJECT NAME N/C LATHE

YEAR	BEGINNING VALUE	DEPRECIATION	ENDING VALUE
1	65000	16250	48750
2	48750	12187.5	36562.5
3	36562.5	9140.63	27421.9
4	27421.9	6855.47	20566.4
5	20566.4	5141.6	15424.8
6	15424.8	3856.2	11568.6
7	11568.6	2892.15	8676.45
8	8676.45	2169.11	6507.34

THE DDB FACTOR USED IS 2

SUM OF DIGITS

PROJECT NAME N/C LATHE

YEAR	BEGINNING VALUE	DEPRECIATION	ENDING VALUE
1	65000	12888.9	52111.1
2	52111.1	11277.8	40833.3
3	40833.3	9666.67	31166.7
4	31166.7	8055.56	23111.1
5	23111.1	6444.44	16666.7
6	16666.7	4833.33	11833.3
7	11833.3	3222.22	8611.11
8	8611.11	1611.11	7000

Распечатка 5.2.

Метод уменьшающегося балансового остатка

Предполагаемая закупка		Станок с ЧПУ	
Год	Начальная стоимость	Амортизационные отчисления	Остаточная стоимость
1	65 000	16 250	48 750
2	48 750	12 187,5	36 562,5
...	...	...	...
8	8676,45	2169,11	6507,34
KA=2			

Метод суммы чисел

Предполагаемая закупка		Станок с ЧПУ	
Год	Начальная стоимость	Амортизационные отчисления	Остаточная стоимость
1	65 000	12 888,9	52 111,1
2	52 111,1	11 277,8	40 833,3
...	...	...	...
8	8611,11	1611,11	7000

К распечатке 5.2.

Комментарии к программе. Программа имеет одну интересную особенность. Она показывает, как хорошо ЭВМ может запоминать. При выполнении программы на экране сначала появляются инструкции, объясняющие пользователю, что он может сделать. Затем пользователь вводит показатели, которые запрашивает программа. ЭВМ запоминает эти показатели и после выдачи на печать результатов решения задачи по выбранному методу расчета амортизационных отчислений спрашивает пользователя, необходимо ли ему провести расчеты двумя оставшимися методами. Если пользователь нажимает в ответ соответствующую клавишу, ЭВМ продолжает решение по новым формулам, используя ранее введенные показатели.

5.4. АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ НА ОБОРУДОВАНИЕ

В любом объявлении в газете о приеме на работу инженеров-технологов указывается, что кандидат должен иметь опыт проведения экономического обоснования предложений, связанных с приобретением нового оборудования. Способы определения экономического обоснования весьма расплывчаты. Большинство компаний применяют те или иные системы оценки предложений о покупке оборудования. Обычно фирмы имеют в своем центральном аппарате подразделение, которому функционально подчинены технологические отделы предприятий. Оно оценивает заявки предприятий на приобретение оборудования и (или) планы капитальных затрат на оборудование по единой методике.

Большинство инженеров-технологов имеют лишь общее представление об анализе экономической эффективности капитальных вложений на оборудование и не проводят детальные расчеты, которые

остаются в ведении финансового отдела. В то же время руководители технологических служб хотели бы иметь возможность анализировать планы капитальных затрат задолго до их утверждения. МикроЭВМ дает им такую возможность. Нужна лишь некоторая подготовка, чтобы учесть особенности отдельного предприятия или фирмы, и должны быть затрачены усилия на программирование, поскольку даже при использовании одинаковых методов оценки капитальных затрат остаются существенные различия между отдельными предприятиями и фирмами.

Вот почему умение анализировать предложения к плану капитальных затрат становится все более важным. Такой анализ удобно делать с помощью программы DISCOUNT. Прежде чем рассмотреть эту программу, необходимо установить несколько основных правил. Хотя большинство специалистов, пишущих об оценке эффективности капитальных затрат, не прибегают к такому приему, считаем полезным выделить и разобрать на примерах три уровня обоснования замены оборудования, что, по нашему мнению, облегчит понимание проблемы.

Уровень I. На этом уровне применяют самое элементарное обоснование. Приведем пример. Инженер-технолог предлагает оснастить существующий станок новым автоматическим устройством для установки и снятия детали. Стоимость устройства 3000 долл. Обоснование покупки такого устройства заключается в прямой экономии трудовых затрат: устройство позволит одному оператору работать на двух станках. Вероятность успеха высока. Новое устройство почти не влияет на затраты, связанные с браком и его исправлением, эксплуатацией оборудования, накладными расходами, оплатой труда вспомогательных рабочих, содержанием управленческого персонала. Его воздействие на потоки денежных средств и налоги пренебрежимо мало.

Чтобы убедиться в целесообразности такого предложения, нужны минимальные доводы. Руководитель отдела оценит его примерно так: «Если мы можем вернуть 3000 долл. менее чем через 6 мес и предложение имеет 90 шансов на успех из 100 — давайте попробуем». В этом случае анализ с помощью микроЭВМ не требуется. Некоторые фирмы включают в сметы капитальных затрат на оборудование статью «прочие расходы», в пределах которой руководитель технологической службы может принимать решения по своему усмотрению. Другим примером обоснования на этом уровне может быть покупка микроЭВМ для повышения эффективности труда инженеров.

Уровень II. Обоснование на этом уровне требует более глубоких размышлений и детального анализа. Представим себе, что инженер готовит предложение о замене двух старых станков одним более производительным станком с ЧПУ. Чистый эффект от изменения других реальных элементов затрат или экономии приобретает важное значение. Термин «чистый эффект» в этом примере означает чистую экономию или убытки. Замена оборудования может привести к снижению затрат по прямой производственной заработной плате,

но при этом возрастут расходы на инженерное обеспечение. Термин «реальные» означает «измеренные» элементы затрат или экономии. Например, новый станок будет обрабатывать детали быстрее, поэтому следует ожидать сокращения объемов незавершенного производства. Если мы не можем измерить это сокращение, то мы не имеем экономии. Другой пример: если стоимость дополнительного инженерного обеспечения составит 2000 долл/год, но оно может быть выполнено без увеличения численности инженеров, то это не является элементом затрат.

Для покупки нового станка с ЧПУ могут потребоваться первоначальные капиталовложения в размере 100 000 долл. и более. Ввиду большой стоимости оборудования риск может быть выше, чем в предыдущем примере, и поэтому предложение должно быть подробно обосновано. Рассматривая экономию на прямой производственной заработной плате, инженер должен учесть все доходы и расходы, связанные с пенсионным обеспечением, страхованием по временной нетрудоспособности, оплатой отпусков, сменной работой. Эти примеры показывают, насколько детальным должен быть анализ, проводимый инженером при определении доходов и расходов наличных денежных средств.

Чтобы определить, относится ли подобное предложение о замене оборудования к уровню II, необходимо ответить на один важный вопрос: «Изменятся ли существенным образом общие заводские накладные расходы (постоянные или переменные)?». Если изменятся, то предложения следует отнести к уровню III. Предложения уровня II могут потребовать очень сложных обоснований, но они не влияют на структуру общезаводских накладных расходов. На многих фирмах общезаводские расходы рассчитываются в процентах от прямой производственной заработной платы. Накладные расходы в процентах определяют на основе прогноза затрат труда основных производственных рабочих и издержек производства на некоторый период в будущем.

В типичном случае изменения могут коснуться многих статей накладных расходов, хотя структура остается прежней. Можно сформулировать следующее правило: если есть сомнения, спросите у специалистов финансового отдела.

Уровень III. Предложения о замене оборудования, подготовленные на этом уровне, требуют проведения специального исследования, с тем чтобы определить влияние чистой экономии на общезаводские накладные расходы и потоки наличных денег. Предположим, что на участке механической обработки на сверлильных и фрезерных работах занято 20 основных производственных рабочих. Предлагается закупить автоматическую линию стоимостью 2 млн. долл., с внедрением которой численность рабочих сократится до трех человек. Оценка подобного предложения выходит за рамки компетенции технического отдела и должна проводиться финансовым отделом. Однако вклад инженера-технолога в экономическое обоснование предложения такого типа не менее важен, чем в предыдущем

примере. Никто лучше инженера-технолога не может определить чистую экономию от снижения затрат на заработную плату основных и вспомогательных рабочих, исправление брака. Но он не в состоянии определить чистую экономию, обусловленную воздействием этих изменений на общезаводские накладные расходы.

Оценка предложений. Программа DISCOUNT может оказать помощь при оценке предложений о замене оборудования. Эта программа учитывает 14 элементов затрат или экономии и использует шесть независимых методов оценки предполагаемых капиталовложений в оборудование.

Можно выделить два основных преимущества при использовании ЭВМ для анализа экономической эффективности капиталовложений: быструю оценку вариантов и высвобождение рабочего времени инженера.

По результатам работы программы видно, что одним из методов оценки является дисконтирование денежных потоков.

Для расчетов по этому методу ЭВМ незаменима. За полминуты она способна выполнить расчеты, на которые у инженера ушло бы несколько часов. При этом не надо пользоваться специальными таблицами и интерполировать данные.

Каждая фирма, естественно, использует свои методы оценки эффективности капитальных вложений. Одни компании применяют очень простые методы, другие — очень сложные. Проведенные специалистами Мичиганского университета исследования показали, что из 342 компаний, деятельность которых изучалась, большинство использовали следующие формулы.

Срок окупаемости I (PB1):

$$PB1 = \Sigma FC/(NS/N),$$

где FC — первоначальная стоимость или капиталовложения; NS — чистая экономия за вычетом налогов; N — число лет.

По этой формуле рассчитывается число лет, в течение которого окупаются капиталовложения. Такой подход к оценке капитальных затрат — самый простой и самый ограниченный. Он не учитывает ставки процента на ссудный капитал или налоговые льготы, обусловленные амортизационными отчислениями. Метод не заинтересовывает фирмы в получении быстрой отдачи на вложенный капитал.

Срок окупаемости II (PB2):

$$PB2 = \Sigma FC/((NS/N) + (D/N)),$$

где D — амортизационные отчисления.

Этот метод лучше, чем предыдущий, поскольку он учитывает фактор амортизации при определении доходности вложенного капитала. Из формулы видно, что метод не охватывает процентные ставки и не заинтересовывает в получении быстрой отдачи на капитал.

Срок окупаемости III (PB3):

$$PB3 = \Sigma FC/[(NS/N) + (D/N) + (((BV - D)\ i)/N],$$

где BV — стоимость по бухгалтерским книгам на конец каждого года; i — норма, %.

Этот метод — лучший из трех представленных здесь методов оценки эффективности капитальных затрат на основе срока окупаемости. На распечатке 5.3 приведены результаты расчетов по различным методам для следующих исходных данных: капиталовложения на приобретение оборудования 65000 долл., доход от применения нового оборудования за первые пять лет с учетом налогов 136 310 долл.

Результаты расчета сроков окупаемости: I — 2,38 год, II — 1,75 год, III — 1,47 год.

Если компания хотела бы оценить капитальные затраты на основе годовой экономии, то результат расчета по последнему методу был бы ближе к реальной действительности, чем при расчете по первому методу. Основной недостаток всех трех методов заключается в том, что они не учитывают изменение стоимости денежных средств во времени. Принимая во внимание, что инфляция составляет 12—14 % в год, а доходность денежных рынков 14—16 %, необходимо оценивать стоимость денег в будущем.

Некоторые компании предлагают использовать в качестве критерия эффективности капиталовложений показатель нормы прибыли на вложенный капитал. Следующие два метода служат этой цели.

Норма прибыли, оцененная по первоначальной стоимости:

$$RR = \Sigma\ (NS/N)/(FC).$$

Преобразование формулы для расчета срока окупаемости I позволяет получить значение нормы прибыли на основе первоначальной стоимости капитала. Формула дает значение прибыли в виде процента от капитала. Она имеет те же недостатки, что и формула для расчета срока окупаемости I.

Норма прибыли, оцененная по средней балансовой стоимости:

$$RA = \Sigma\ (NS/N/(BV/N).$$

Норма прибыли, оцененная по средней балансовой стоимости, также выражается в процентах и учитывает среднюю стоимость по бухгалтерским книгам. По результатам работы программы видно, что норма прибыли, оцененная по первоначальной стоимости, составляет 41,95 %; норма прибыли, оцененная по средней балансовой стоимости, равна 83,91 %.

Кое-кто может сказать, что любой метод оценки капиталовложений на оборудование приемлем, если все предложения оцениваются на его основе. Довод справедливый, но надо учесть следующие обстоятельства. Существуют два аспекта оценки предложений о замене оборудования: окупаемость первоначальных затрат и приоритет, поскольку предложений всегда больше, чем возможностей финансирования.

Кроме того, спрос на ссудный капитал, как мы уже отмечали, очень велик. В подтверждение этого сошлемся на недавнюю статью в «Уолл Стрит Джорнал», где говорится о многомиллионной компании, получающей 20 % дохода на ссудный капитал. В 1981 г. сумма прибыли, полученная компанией, составила 100 млн. долл. Инженеру, работающему в такой компании, очень трудно выйти с предложением о капитальных затратах на приобретение нового оборудования, имеющего равный показатель эффективности.

Оценим риск, связанный с осуществлением фирмой различных вариантов капиталовложений.

В получении нормы прибыли, существующей на денежном рынке, можно не сомневаться, в то время как экономический эффект от замены оборудования не столь очевиден. В таких условиях инженер может никогда не получить одобрения своего проекта. Причинами могут быть: борьба за источники финансирования; боязнь понести убытки; эффективность капитальных вложений; недостаток наличных денег; предпочтение, отдаваемое капитальным затр атам, обеспечивающим быструю отдачу.

Для оценки капитальных затрат лучше других подходит метод дисконтирования денежных потоков. По этому методу ожидаемая экономия снижается каждый год на некоторую долю и общая экономия приравнивается к первоначальным затратам. Затем доля снижения сравнивается с существующей учетной ставкой. Применяется и другой метод обесценения денежных потоков, когда для расчета окупаемости капитальных затрат используется постоянный дисконтный множитель

Дисконтированный денежный поток определяется по формуле

$$DCF = \Sigma NS\,(1 + i)^{-Y},$$

где DCF — дисконтированный денежный поток; NS — годовая экономия; i — ставка процента; Y — годы.

Например, при капитальных вложениях 10 000 долл. и ставке 12 % дисконтный множитель составит $(1 + i)^{-Y} = (1 + 0{,}12)^{-5} = 0{,}5674$.

В примере, приведенном в табл. 5.4., 400 долл., получаемые ежегодно в виде экономии, дисконтируются (т. е. уменьшаются) на 12 %. Другими словами, если сумма экономии за 5 лет с учетом дисконтирования на постоянную долю окажется равной или больше первоначальных капитальных затрат, вложение считается выгодным. Можно определить общую экономию с учетом дисконтирования по отношению к суммарным капитальным вложениям и затем рассчитать процентную ставку. В подобных расчетах ЭВМ позволяет организовать цикл вычислений, на каждом шаге которых происходит незначительное приращение или уменьшение процентной ставки до тех пор, пока не будет достигнуто равенство. Фирмы используют оба метода дисконтирования денежных потоков. Некоторые компании применяют проверку на равенство, чтобы решить вопрос о приоритете капитальных вложений. Те варианты, для которых коэффици-

ент дисконтирования получается наибольшим, должны рассматриваться в первую очередь.

Проверка равенства также используется при решении вопроса о применении капитала на денежном рынке, если такое применение обеспечивает большую отдачу капитальных затрат. Ряд компаний устанавливают некоторую минимальную норму дисконтирования, на основе которой оцениваются различные варианты капитальных вложений. Если сумма экономии с учетом изменения стоимости денежных доходов во времени оказывается выше первоначальных затрат (как в рассмотренном примере), то затраты считаются обоснованными.

5.4. Дисконтированные денежные средства, долл.

Год	Ежегодная экономия	Коэффициент дисконтирования	Экономия с учетом дисконтирования
1	4000	0,8978	3571,42
2	4000	0,7972	3188,76
3	4000	0,7118	2847,12
4	4000	0,6355	2542,07
5	4000	0,5674	2269,70
Итого	20000		14 419,07

Программа DISCOUNT, текст которой приведен ниже, дает возможность пользователю вводить значения экономии или затрат по 14 различным направлениям, рассчитывать потоки денежных средств, образующиеся после уплаты налогов, и оценивать эффективность капитальных вложений шестью описанными методами. Результаты работы программы приведены в распечатке 5.5. Эта программа экономит массу времени по сравнению с проведением аналогичных расчетов вручную. Каждый год большинство компаний составляют и рассматривают смету капитальных затрат на новый финансовый год. Это неизбежная, но очень трудоемкая работа. Для проведения детальных расчетов, позволяющих выявить выгодные для фирмы проекты, микроЭВМ просто необходима.

5.5. ПРОГРАММА DISCOUNT

Программа занимает 10,835 байт оперативной памяти. Пользователь вводит значения экономии или затрат за первые пять лет срока службы оборудования. Расчеты за более длительный период могут оказаться ненадежными. Большинство фирм произвольным образом устанавливает максимальный период реализации капиталовложений.

С программой очень легко работать, поскольку от пользователя требуется только вводить данные. ЭВМ организует вывод результатов в табличной форме. Прежде чем выполнить эту программу на ЭВМ, пользователь должен собрать необходимые данные из различных источников.

Наибольшие трудности, вероятно, представляет получение данных об элементах экономии или затрат, связанных с прямой и косвенной производственной заработной платой. Многие фирмы упроща-

EQUIPMENT JUSTIFICATION

PROJECT NAME   N/C LATHE   YEARS LIFE 8

ITEM	YEAR 1	2	3	4	5	TOTAL
CAPITAL EXP	-65000	0	0	0	0	-65000
DIRECT LABOR	20000	20000	20000	20000	20000	100000
ENGINEERING	-2000	-2000	0	0	0	-4000
SCRAP	2000	2000	2000	2000	2000	10000
EXP TOOLING	1000	1000	1000	1000	1000	5000
DEPRECIATION	16250	12187	9140	6855	5141	49573
LINE TOTALS	-27750	33187	32140	29855	28141	95573

CASH FLOW BEFORE TAXES

TOTALS					
NET	21000	21000	23000	23000	23000
LESS DEP	-16250	-12187	-9140	-6855	-5141
TAXABLE INCOME	4750	8813	13860	16145	17859
TAX	2375	4406.5	6930	8072.5	8929.5

CASH FLOW AFTER TAXES

NET INCOME	34875	28780.5	25210	21782.5	19211.5
TAX CREDIT	6500				
NET ACCUM	41375	70155.5	95365.5	117148	136360

Данные расчетов по методу уменьшающегося балансового остатка взяты из предыдущего примера.

ANALYSIS

TOTAL CAPITAL COSTS ARE $ -65000
TOTAL ACCUM SAVINGS AFTER TAXES ARE $ 136360

PAY BACK PERIOD 1
THE PROPOSAL WILL PAY IT SELF BACK IN 2.38341 YEARS
PAY BACK PERIOD 1 AVERAGES ALL YEARS SAVINGS

RATE OF RETURN ON FIRST COSTS
THIS PROPOSAL HAS A RETURN OF FIRST COSTS OF .419568 PERCENT FOR THE FIRST 5 YRS

RATE OF RETURN AVERAGES ALL YEARS SAVINGS

RETURN OF AVERAGE FIRST COSTS
THIS METHOD CONSIDERS THE AVERAGE BOOK VALUE OF THE INVESTMENT
AND ADDS THE TAX BENEFIT PART OF THIS TO SAVINGS
THIS PROPOSAL HAS A .839136 PERCENT RETURN ON FIRST COSTS FOR THE FIRST 5 YRS.

PAY BACK PERIOD 2
PAY BACK PERIOD 2 CONSIDERS THE EFFECT OF THE DEPRECIATION
AS PART OF THE CASH FLOW AND THE PAY BACK PERIOD IS LESS THEN PAY BACK PERIOD 1
THE PAY BACK PERIOD EQUALS 1.74795 YEARS

К распечатке 5.3.

5.5. **Оценка планов капитальных затрат на приобретение станка с ЧПУ**

Показатель	Метод равномерных амортизационных отчислений	Метод суммы чисел	Метод уменьшающегося балансового остатка
Срок окупаемости I, лет	2,79	2,42	2,38
Срок окупаемости II, лет	2,13	1,78	1,75
Срок окупаемости III, лет	1,64	1,47	1,47
Норма прибыли, %	35,8	41,4	41,9
Норма прибыли, оцененная по средней балансовой стоимости, %	71,6	82,8	83,9
Дисконтированный денежный поток, %	24,1	34,3	37,5

ют эту процедуру и, вместо того чтобы определить каждый элемент в отдельности, рассчитывают элементы затрат или экономии в виде процента от основной зарплаты производственных рабочих. Программа построена таким образом, что пользователь не обязательно вводит данные каждый раз, когда программа их запрашивает. Чтобы пояснить этот прием, рассмотрим строку 1395:

IF D1 = 0 THEN ...

где D1 представляет собой сумму экономии или затрат на прямую производственную заработную плату и вычисляется в строке 430. D1 = 0 означает, что пользователь не ввел никакого конкретного значения экономии или затрат по прямой оплате труда. Причина, по которой это может произойти, отмечается в комментариях к разделу «Анализ экономической эффективности капитальных вложений на оборудование. Уровень I». Напомним, что на этом уровне не требуется каких-либо экономических обоснований. Во втором примере с помощью этой программы решается задача обоснования приобретения устройства для установки и снятия детали со станка. ЭВМ требуется менее 1 мин, чтобы подготовить формальное обоснование.

Помимо того что программа DISCOUNT позволяет оперативно провести расчеты, она обладает многими другими преимуществами. Фирмы используют различные методы расчета амортизационных отчислений. От выбранной модели амортизации зависит расчет срока

```
PAY BACK PERIOD 3
THIS METHOD CONSIDERS THE EFFECT OF DEPRECIATION AND
BOOK VALUE AT INTEREST RATE .18 FOR RE-INVESTMENT OF CASH FLOW ASSETS
USING THIS METHOD THE PAY BACK PERIOD IS 1.46643 YEARS

DISCOUNTED CASH FLOW
WHEN TOTAL SAVINGS ARE SET EQUAL TO THE TOTAL INVESTMENT
BY DISCOUNTING FUTURE SAVINGS BY SOME DISCOUNT RATE,THEN
THIS PROPOSAL HAS A DISCOUNT RATE OF .374999 PERCENT
THIS DISCOUNT RATE IS THE PERCENT RETURN
THE ORIGINAL INVESTMENT WOULD HAVE TO EARN
TO EQUAL THE SAVINGS OVER A 5 YEAR PERIOD.
```

Распечатка 5.3 (продолжение)

Обоснование выбора оборудования

Предполагаемая закупка: станок с ЧПУ Срок службы 8 лет

	Год					
Элемент затрат	1	2	3	4	5	Всего
Капитальные вложения	—65 000	0	0	0	0	—65 000
Прямая производственная заработная плата	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	10 000
Проектно-конструкторские работы	—2000	—2000	0	0—	0	—4000
Исправление брака	2000	2000	2000	2000	2000	10 000
Временная оснастка	1000	1000	1000	1000	1000	5000
Сумма годовых амортизационных отчислений	16 250	12 187	9140	6855	5141	49 573
Итого	—27 750	33 187	32 140	29 855	28 141	95 573

Денежные поступления до вычета налогов

Всего в чистом виде	21 000	21 000	23 000	23 000	23 000
За вычетом амортизационных отчислений	—16 250	—12 187	—9140	—6855	—5141
Облагаемые налогом поступления	4750	8813	13 860	16 145	17 859
Налог	2375	4406,5	6930	8072,5	8929,5

Денежные поступления после вычета налогов

Чистый доход	34 875	28780,5	25 210	21782,5	19 211,5
Налоговая скидка	6500				
Чистые накопления	41 375	70155,5	95 365,5	117148	13 6360

Примечание. Данные расчетов по методу уменьшающегося балансового остатка взяты из предыдущего примера.

Анализ

Общие капитальные затраты, долл., 65 000
Общая сумма экономии за вычетом налогов, долл., 136 360

Срок окупаемости

Предложение окупится за 2,38341 года
Срок окупаемости 1 рассчитан на основе усреднения годовой экономии за все годы

Норма прибыли, оцененная по первоначальной стоимости

Это предложение предполагает получение нормы прибыли в размере 0,419568 за первые 5 лет
Норма прибыли рассчитана на основе усреднения годовой экономии за все годы

Норма прибыли, оцененная по средней балансовой стоимости

По этому методу учитывается средняя стоимость фондов по бухгалтерским книгам, полученная с этой суммы
Налоговая скидка включается в экономию
Это предложение предполагает получение нормы прибыли 0,839136 за первые 5 лет

Срок окупаемости 2

Срок окупаемости 2 учитывает амортизационные отчисления как часть денежных поступлений.
Срок окупаемости 2 меньше, чем срок окупаемости 1, и равен 1,74795 года

Срок окупаемости 3

Этот метод учитывает влияние амортизационных отчислений и возможное выделение денежных средств, равных стоимости по бухгалтерским книгам, на рынок ссудного капитала с процентной нормой 0,18
По этому методу срок окупаемости равен 1,46643 года

Изменение стоимости денежных средств во времени

Общая сумма ожидаемой экономии приравнивается к первоначальным затратам, при этом экономия за каждый год снижается на некоторый коэффициент дисконтирования
Для данного предложения коэффициент дисконтирования составляет 0,374999
Коэффициент дисконтирования равен учетной ставке, по которой доход от выделения на рынок ссудного капитала средств в объеме первоначальных затрат оказался бы не ниже суммы экономии за 5 лет

и т. д.

К распечатке 5.3.

```
EQUIPMENT  JUSTIFICATION

PROJECT NAME  LOAD - UNLOAD DEVICE            YEARS LIFE 5

                         YEAR
ITEM              1          2          3          4          5        TOTAL

CAPITAL EXP     -3000      0          0          0          0 -      -3000
DIRECT LABOR     6000      6000       6000       6000       6000      30000
DEPRECIATION     600       600        600        600        600       3000


LINE TOTALS      3600      6600       6600       6600       6600      30000

                  CASH FLOW BEFORE TAXES

TOTALS
NET              6000      6000       6000       6000       6000

LESS DEP        -600      -600       -600       -600       -600

TAXABLE INCOME   5400      5400       5400       5400       5400

TAX              2700      2700       2700       2700       2700

                       CASH FLOW AFTER TAXES

NET INCOME       3900      3900       3900       3900       3900
TAX CREDIT       99.99
NET ACCUM        3999.99   7899.99    11800      15700      19600

ANALYSIS

TOTAL CAPITAL COSTS ARE $ -3000
TOTAL ACCUM SAVINGS AFTER TAXES ARE $  19600


PAY BACK PERIOD 1
THE PROPOSAL WILL PAY IT SELF BACK IN .765307 YEARS
PAY BACK PERIOD 1 AVERAGES ALL YEARS SAVINGS


RATE OF RETURN ON FIRST COSTS
THIS PROPOSAL HAS A RETURN OF FIRST COSTS OF 1.30667 PERCENT FOR THE FIRST 5 YRS

RATE OF RETURN AVERAGES ALL YEARS SAVINGS
```

RETURN OF AVERAGE FIRST COSTS

THIS METHOD CONSIDERS THE AVERAGE BOOK VALUE OF THE INVESTMENT
AND ADDS THE TAX BENEFIT PART OF THIS TO SAVINGS
THIS PROPOSAL HAS A 2.61333 PERCENT RETURN ON FIRST COSTS FOR THE FIRST 5 YRS.

PAY BACK PERIOD 2

PAY BACK PERIOD 2 CONSIDERS THE EFFECT OF THE DEPRECIATION
AS PART OF THE CASH FLOW AND THE PAY BACK PERIOD IS LESS THEN PAY BACK PERIOD 1
THE PAY BACK PERIOD EQUALS .663717 YEARS

PAY BACK PERIOD 3

THIS METHOD CONSIDERS THE EFFECT OF DEPRECIATION AND
BOOK VALUE AT INTEREST RATE .5 FOR RE-INVESTMENT OF CASH FLOW ASSETS
USING THIS METHOD THE PAY BACK PERIOD IS .553506 YEARS

DISCOUNTED CASH FLOW

WHEN TOTAL SAVINGS ARE SET EQUAL TO THE TOTAL INVESTMENT
BY DISCOUNTING FUTURE SAVINGS BY SOME DISCOUNT RATE,THEN
THIS PROPOSAL HAS A DISCOUNT RATE OF 1.25501 PERCENT
THIS DISCOUNT RATE IS THE PERCENT RETURN
THE ORIGINAL INVESTMENT WOULD HAVE TO EARN
TO EQUAL THE SAVINGS OVER A 5 YEAR PERIOD

```
1 REM PROGRAM NAME DISCOUNT
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
4 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
10 CLS:CLEAR400
20 PRINT"THIS PROGRAM ANALYZES CAPITAL EQUIPMENT INVESTMENTS"
30 PRINT"THE PROGRAM PROVIDES FOR THE PROPOSAL TO BE ANALYZED"
40 PRINT"SEVERAL WAYS, AMONG WHICH ARE RATE OF RETURN,"
50 PRINT"PAY BACK METHOD AND DISCOUNTED CASH FLOW."
60 PRINT"THE PROGRAM ALLOWS FOR THE ENTRY OF SAVINGS"
70 PRINT"AND EXPENSES FOR EACH OF THE FIRST FIVE YEARS OF THE"
80 PRINT"PROPOSAL OR AS A SINGLE ENTRY FOR A SINGLE YEAR"
90 PRINT"AND THE PRINT OUT WILL SHOW THE CASH FLOW FOR THE "
100 PRINT"FIRST FIVE YEARS"
110 PRINT:INPUT"TYPE IN THE PROPOSAL NAME";A$
115 INPUT"TYPE IN THE  YEARS OF LIFE";Y
120 CLS
130 PRINT"SAVINGS ARE TYPED IN AS POSITIVE NUMBERS"
140 PRINT"AND COSTS ARE TYPED IN AS NEGATIVE NUMBERS"
150 PRINT"TYPE IN THE NUMBER OF THE SAVINGS OR EXPENSE YOU WISH TO ENTER"
160 PRINT"IF A SAVINGS OR EXPENSE DOES NOT OCCUR IN A YEAR TYPE 0"
170 PRINT"TO INDEX TO THE YEAR IT SHOULD BE ENTERED AT"
180 PRINT"ALL SAVINGS OR EXPENSES MUST BE ON AN ANNUAL BASIS"
181 PRINT"PRESS ENTER TO CONTINUE"
182 INPUTINKEY:ONINKEYGOTO186
185 REM MENU
186 CLS
190 PRINT"CAPITAL EXPENSE------1   DIRECT LABOR---------2"
200 PRINT"INDIRECT LABOR-------3   MATERIAL-------------4"
210 PRINT"PROPERTY TAX---------5   INSURANCE------------6"
220 PRINT"SALARY & MGT. -------7   ENGINEERING----------8"
230 PRINT"MAINTENANCE----------9   SCRAP---------------10"
240 PRINT"SHOP SUPPLIES-------11   TOOLING-------------12"
250 PRINT"DEPRECIATION--------13   OTHER---------------14"
260 PRINT"          DATA ENTRY COMPLETE ---15"
270 INPUTN(I)
280 ONN(I)GOTO310,390,450,520,590
290 ONN(I)-5GOTO660,730,810,880,950
```

```
300 ONN(I)-10GOTO1020,1090,1160,1230,1300
310 C$="CAPITAL EXP":CLS
320 PRINT"TYPE IN THE CAPITAL EXPENSE FOR EACH YEAR"
330 PRINT"REMINDER ' ! ' EXPENSE IS ENTERED AS A NEGATIVE NUMBER"
340 FORI=1TO5
350 INPUTC(I)
360 C1=C1+C(I)
370 NEXTI
375 GOSUB3000
380 GOTO185
390 D$="DIRECT LABOR":CLS
400 PRINT"ENTER DIRECT LABOR SAVINGS OR EXPENSE"
410 FOR I=1TO5
420 INPUTD(I)
430 D1=D1+D(I)
440 NEXTI
445 GOTO185
450 L$="INDIRECT LABOR":CLS
460 PRINT"INDIRECT LABOR SAVINGS OR EXPENSE"
470 FORI=1TO5
480 INPUTL(I)
490 L1=L1+L(I)
500 NEXTI
510 GOTO185
520 M$="MATERIAL":CLS
530 PRINT"MATERIAL SAVINGS OR EXPENSE"
540 FORI=1TO5
550 INPUTM(I)
560 M1=M1+M(I)
570 NEXTI
580 GOTO185
590 P$="PROPERTY TAX":CLS
600 PRINT"PROPERTY TAX SAVINGS OR EXPENSE"
610 FORI=1TO5
620 INPUTP(I)
630 P1=P1+P(I)
640 NEXTI
650 GOTO185
660 S$="INSURANCE":CLS
670 PRINT"INSURANCE SAVINGS OR EXPENSE"
680 FORI=1TO5
690 INPUTS(I)
700 S1=S1+S(I)
710 NEXTI
720 GOTO185
730 G$="SAL. $ MGT.":CLS
740 PRINT"SALARY AND MANAGEMENT SAVINGS OR LXPENSE"
750 FORI-1TO5
760 INPUTG(I)
770 G1=G1+G(I)
780 NEXTI
790 GOTO185
810 E$="ENGINEERING":CLS
820 PRINT"ENGINEERING SAVINGS OR EXPENSE"
830 FORI=1TO5
840 INPUTE(I)
850 E1=E1+E(I)
860 NEXT I
870 GOTO185
880 F$="MAINTENANCE":CLS
890 PRINT"MAINTENANCE SAVINGS OR EXPENSE"
900 FORI=1TO5
910 INPUTF(I)
920 F1=F1+F(I)
930 NEXTI
```

```
940 GOTO185
950 R$="SCRAP":CLS
960 PRINT"SCRAP SAVINGS OR EXPENSE"
970 FORI=1TO5
980 INPUTR(I)
990 R1=R1+R(I)
1000 NEXTI
1010 GOTO185
1020 W$="SHOP SUPP.":CLS
1030 PRINT"SHOP SUPPLIES EXPENSE OR SAVINGS"
1040 FORI=1TO5
1050 INPUTW(I)
1060 W1=W1+W(I)
1070 NEXTI
1080 GOTO185
1090 T$="EXP TOOLING":CLS
1100 PRINT"EXPENSED TOOLING SAVINGS OR COST"
1110 FORI=1TO5
1120 INPUTT(I)
1130 T1=T1+T(I)
1140 NEXTI
1150 GOTO185
1160 Z$="DEPRECIATION":CLS
1170 PRINT"NET DEPRECIATION EXPENSE"
1175 PRINT"INPUT DEPRECIATION AS A POSITIVE FIGURE"
1180 FORI=1TO5
1190 INPUTZ(I)
1200 Z1=Z1+Z(I)
1210 NEXTI
1220 GOTO185
1230 CLS:PRINT"OTHER EXPENSE OR SAVINGS "
1235 PRINT"LIMIT THE NAME TO 15 LETTERS"
1240 INPUT"TYPE IN THE NAME OF THE OTHER EXPENSE OR SAVINGS";O$
1245 PRINT"INPUT THE SAVINGS OR EXPENSE OF  " ;O$
1250 FORI=1TO5
1260 INPUTO(I)
1270 O1=O1+O(I)
1280 NEXTI
1290 GOTO185
1300 REM SUMMARY OF ALL EXPENSES AND SAVINGS
1310 FORI=1TO5
1320 X(I)=C(I)+D(I)+L(I)+M(I)+P(I)+S(I)+G(I)+E(I)+F(I)+R(I)+W(I)+T(I)+Z(I)+O(I)
1325 X1(I)=X(I)-C(I)
1330 X2=X2+X(I)
1340 NEXTI
1350 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"EQUIPMENT JUSTIFICATION"
1360 LPRINTCHR$(138)
1362 LPRINT"PROJECT NAME  ";A$;"               YEARS LIFE";Y
1365 LPRINTCHR$(138);LPRINT"                             YEAR"
1370 LPRINT"ITEM";TAB(18);"1";TAB(28);"2";TAB(38);"3";TAB(48);"4";TAB(58);"5";TA
B(65);"TOTAL"
1380 LPRINTCHR$(138)
1390 LPRINTC$,C(1);TAB(25);C(2);TAB(35);C(3);TAB(45);C(4);TAB(55);C(5);TAB(65);C
1
1395 IFD1=0THEN1410ELSE1400
1400 LPRINTD$,D(1);TAB(25);D(2);TAB(35);D(3);TAB(45);D(4);TAB(55);D(5);TAB(65);D
1
1410 IFL1=0THEN1430ELSE1420
1420 LPRINTL$,L(1);TAB(25);L(2);TAB(35);L(3);TAB(45);L(4);TAB(55);L(5);TAB(65);L
1
1430 IFM1=0THEN1450ELSE1440
1440 LPRINTM$,M(1);TAB(25);M(2);TAB(35);M(3);TAB(45);M(4);TAB(55);M(5);TAB(65);M
1
1450 IFP1=0THEN1470ELSE1460
1460 LPRINTP$,P(1);TAB(25);P(2);TAB(35);P(3);TAB(45);P(4);TAB(55);P(5);TAB(65);P
```

```
1
1470 IFS1=0THEN1490ELSE1480
1480 LPRINTS$,S(1);TAB(25);S(2);TAB(35);S(3);TAB(45);S(4);TAB(55);S(5);TAB(65);S
1
1490 IFG1=0THEN1510ELSE1500
1500 LPRINTG$,G(1);TAB(25);G(2);TAB(35);G(3);TAB(45);G(4);TAB(55);G(5);TAB(65);G
1
1510 IFE1=0THEN1530ELSE1520
1520 LPRINTE$,E(1);TAB(25);E(2);TAB(35);E(3);TAB(45);E(4);TAB(55);E(5);TAB(65);E
1
1530 IFF1=0THEN1550ELSE1540
1540 LPRINTF$,F(1);TAB(25);F(2);TAB(35);F(3);TAB(45);F(4);TAB(55);F(5);TAB(65);F
1
1550 IFR1=0THEN1570ELSE1560
1560 LPRINTR$,R(1);TAB(25);R(2);TAB(35);R(3);TAB(45);R(4);TAB(55);R(5);TAB(65);R
1
1570 IFW1=0THEN1590ELSE1580
1580 LPRINTW$,W(1);TAB(25);W(2);TAB(35);W(3);TAB(45);W(4);TAB(55);W(5);TAB(65);W
1
1590 IFT1=0THEN1610ELSE1600
1600 LPRINTT$,T(1);TAB(25);T(2);TAB(35);T(3);TAB(45);T(4);TAB(55);T(5);TAB(65);T
1
1610 IFZ1=0THEN1630ELSE1620
1620 LPRINTZ$,Z(1);TAB(25);Z(2);TAB(35);Z(3);TAB(45);Z(4);TAB(55);Z(5);TAB(65);Z
1
1630 IFO1=0THEN1650ELSE1640
1640 LPRINTO$,O(1);TAB(25);O(2);TAB(35);O(3);TAB(45);O(4);TAB(55);O(5);TAB(65);O
1
1650 LPRINTCHR$(138):LPRINTCHR$(138)
1660 LPRINT"LINE TOTALS",X(1);TAB(25);X(2);TAB(35);X(3);TAB(45);X(4);TAB(55);X(5
);TAB(65);X2
1670 LPRINTCHR$(138)
1680 LPRINT"                    CASH FLOW BEFORE TAXES"
1690 LPRINTCHR$(138)
1700 LPRINT"TOTALS"
1710 FORI=1TO5
1720 X1(I)=D(I)+L(I)+M(I)+P(I)+S(I)+G(I)+E(I)+F(I)+R(I)+W(I)+T(I)+(-Z(I))+O(I)
1730 X3(I)=D(I)+L(I)+M(I)+P(I)+S(I)+G(I)+E(I)+F(I)+R(I)+W(I)+T(I)+O(I)
1740 NEXTI
1750 LPRINT"NET",X3(1);TAB(25);X3(2);TAB(35);X3(3);TAB(45);X3(4);TAB(55);X3(5)
1760 LPRINTCHR$(138)
1770 LPRINT"LESS DEP",-Z(1);TAB(25);-Z(2);TAB(35);-Z(3);TAB(45);-Z(4);TAB(55);-Z
(5)
1780 LPRINTCHR$(138)
1790 LPRINT"TAXABLE INCOME",X1(1);TAB(25);X1(2);TAB(35);X1(3);TAB(45);X1(4);TAB(
55);X1(5)
1800 LPRINTCHR$(138)
1810 FORI=1TO5
1820 IFX1(I)<1THEN1840ELSE1830
1830 X4(I)=X1(I)/2:GOTO1850
1840 X4(I)=0:GOTO1850
1850 X5(I)=X3(I)-X4(I)+Z(I)
1870 NEXTI
1875 X6(1)=X5(1)+ABS(Y1):X6(2)=X6(1)+X5(2):X6(3)=X6(2)+X5(3):X6(4)=X6(3)+X5(4):X
6(5)=X6(4)+X5(5)
1880 LPRINT"TAX",X4(1);TAB(25);X4(2);TAB(35);X4(3);TAB(45);X4(4);TAB(55);X4(5)
1890 LPRINTCHR$(138)
1900 LPRINT"                    CASH FLOW AFTER TAXES"
1910 LPRINTCHR$(138)
1920 LPRINT"NET INCOME",X5(1);TAB(25);X5(2);TAB(35);X5(3);TAB(45);X5(4);TAB(55);
X5(5)
1925 LPRINT"TAX CREDIT",ABS(Y1)
1930 LPRINT"NET ACCUM",X6(1);TAB(25);X6(2);TAB(35);X6(3);TAB(45);X6(4);TAB(55);X
6(5)
1940 LPRINTCHR$(138):LPRINTCHR$(138):CLS:PRINT"THIS IS A PROGRAMED STOP TO PERMI
T PRINTER PAPER TO BE INDEXED"
```

```
1941 PRINT"WHEN THIS IS COMPLETE , TYPE CONT AND ENTER."
1942 STOP
1950 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"ANALYSIS"
1980 REM PAY BACK PERIOD 1
1990 P1=ABS(C1)/(X6(5)/5)
2000 LPRINTCHR$(138):LPRINTCHR$(138)
2005 LPRINT"TOTAL CAPITAL COSTS ARE $ ";C1
2006 LPRINT"TOTAL ACCUM SAVINGS AFTER TAXES ARE $ ";X6(5)
2007 FORI=1TO3:LPRINTCHR$(138):NEXTI
2010 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"PAY BACK PERIOD 1"
2020 LPRINT"THE PROPOSAL WILL PAY IT SELF BACK IN";P1;"YEARS"
2030 LPRINT"PAY BACK PERIOD 1 AVERAGES ALL YEARS SAVINGS"
2040 REM RETURN ON FIRST COSTS
2050 P2=(X6(5)/5)/ABS(C1)
2060 LPRINTCHR$(138):LPRINTCHR$(138)
2070 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"RATE OF RETURN ON FIRST COSTS"
2080 LPRINT"THIS PROPOSAL HAS A RETURN OF FIRST COSTS OF";P2;"PERCENT FOR THE FI
RST 5 YRS."
2090 LPRINT"RATE OF RETURN AVERAGES ALL YEARS SAVINGS"
2100 LPRINTCHR$(138):LPRINTCHR$(138)
2110 P3=(X6(5)/5)/(ABS(C1)*.5)
2120 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"RETURN OF AVERAGE FIRST COSTS"
2130 LPRINT"THIS METHOD CONSIDERS THE AVERAGE BOOK VALUE OF THE INVESTMENT"
2135 LPRINT"AND ADDS THE TAX BENEFIT PART OF THIS TO SAVINGS"
2140 LPRINT"THIS PROPOSAL HAS A ";P3;"PERCENT RETURN ON FIRST COSTS FOR THE FIRS
T 5 YRS."
2150 LPRINTCHR$(138):LPRINTCHR$(138)
2160 REM PAY BACK PERIOD 2
2170 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"PAY BACK PERIOD 2"
2180 P4=ABS(C1)/((X6(5)/5)+(ABS(Z1)/5))
2190 LPRINT"PAY BACK PERIOD 2 CONSIDERS THE EFFECT OF THE DEPRECIATION"
2200 LPRINT"AS PART OF THE CASH FLOW AND THE PAY BACK PERIOD IS LESS THEN PAY BA
CK PERIOD 1"
2205 LPRINT"THE PAY BACK PERIOD EQUALS";P4;"YEARS"
2206 LPRINTCHR$(138):LPRINTCHR$(138)
2210 REM PAY BACK PERIOD 3
2220 PRINT"PAY BACK PERIOD 3 CONSIDERS AN INTEREST RATE FOR"
2230 PRINT"RE-INVERSTMENT OF CASH FLOW ASSETS"
2235 INPUT"TYPE IN THE INTEREST RATE (DECIMAL) YOU WISH TO USE";A
2240 REM H=BOOK VALUE:A=INTEREST RATE:A1=INTEREST
2250 H1=ABS(C1):A1=H1*A
2260 H2=(H1-ABS(Z(1))):A2=H2*A
2270 H3=(H2-ABS(Z(2))):A3=H3*A
2280 H4=(H3-ABS(Z(3))):A4=H4*A
2290 H5=(H4-ABS(Z(4))):A5=H5*A
2300 A6=(A1+A2+A3+A4+A5)/5
2310 P5=ABS(C1)/((X6(5)/5)+(ABS(Z1)/5)+A6)
2320 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"PAY BACK PERIOD 3"
2330 LPRINT"THIS METHOD CONSIDERS THE EFFECT OF DEPRECIATION AND"
2340 LPRINT"BOOK VALUE AT INTEREST RATE";A;"FOR RE-INVESTMENT OF CASH FLOW ASSET
S"
2350 LPRINT"USING THIS METHOD THE PAY BACK PERIOD IS";P5;"YEARS"
2360 LPRINTCHR$(138):LPRINTCHR$(138)
2365 CLS:PRINT"THE COMPUTER IS CALCULATING"
2366 PRINT"DISCOUNTED CASH FLOW MAY TAKE A FEW MOMENTS TO CALCULATE"
2370 REM DISCOUNTED CASH FLOW
2380 REM INTEREST =A: CAP EXP =C1:SAVINGS=X5(I)
2385 IFABS(C1)>X6(5)THEN2570
2386 X5(1)=X5(1)+ABS(Y1)
2390 X8=0
2400 FORI=1TO5
2410 X7=X5(I)*((1+A)[-I)
2420 X8=X8+X7
2430 NEXTI
2440 IFX8>ABS(C1)-100ANDX8<ABS(C1)+100THEN2490ELSE2450
2450 IFX8>ABS(C1)THEN2460ELSE2470
```

```
2460 A=A+.001:GOTO2390
2470 IFX8<ABS(C1)THEN2480
2480 A=A-.001:GOTO2390
2490 REM DISCOUNTED PERCENT CALCULATED
2500 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"DISCOUNTED CASH FLOW"
2510 LPRINT"WHEN TOTAL SAVINGS ARE SET EQUAL TO THE TOTAL INVESTMENT"
2520 LPRINT"BY DISCOUNTING FUTURE SAVINGS BY SOME DISCOUNT RATE,THEN"
2530 LPRINT"THIS PROPOSAL HAS A DISCOUNT RATE OF";A;"PERCENT"
2540 LPRINT"THIS DISCOUNT RATE IS THE PERCENT RETURN"
2550 LPRINT"THE ORIGINAL INVESTMENT WOULD HAVE TO EARN"
2560 LPRINT"TO EQUAL THE SAVINGS OVER A 5 YEAR PERIOD"
2565 END
2570 LPRINT"THIS PROPOSAL CANNOT BE EVALUATED BY DISCOUNTED CASH FLOW"
2580 LPRINT"THE SAVINGS OVER A 5 YEAR PERIOD
2590 LPRINT"DOES NOT EQUAL THE ORIGINAL INVESTMENT"
2600 END
3000 REM Y=YEARS,Y1=TAX CREDIT
3010 IFY<3THEN3070ELSE3020
3020 IFY<5.01THEN3030ELSE3040
3030 Y1=(C1*.3333)*.1:RETURN
3040 IFY<7.01THEN3050ELSE3060
3050 Y1=(C1*.6666)*.1:RETURN
3060 IFY>7.01THENY1=C1*.1:RETURN
3070 Y1=0:RETURN
```

Распечатка 5.3.

окупаемости. В табл. 5.5 приведены три варианта обоснования предложения о приобретении станка с ЧПУ. В вариантах, подготовленных с помощью ЭВМ, использованы различные модели амортизации.

В тех случаях, когда управляющий техническим отделом должен определить приоритет для различных предложений, предусмотренных планом капитальных вложений, у него может возникнуть желание провести расчеты по каждой единице оборудования за различные периоды времени. Программа DISCOUNT позволяет вводить значения элементов экономии или затрат за 5 лет. При проведении расчетов по программе управляющий может ввести данные только за первые 3 года и оценить риск, связанный с приобретением каждой единицы оборудования, включенной в план капиталовложений (распечатка 5.3).

Глава 6

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ

6.1. МОДЕЛИ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

Регрессионный анализ представляет собой полезный статистический инструмент, призванный помочь инженеру в решении сложных задач, возникающих в производственных условиях.

Прежде чем начать изложение материала этой главы, попытаемся объяснить читателю, не знакомому с этим методом, общие принципы его применения. Предположим, что инженер-технолог разрабатывает для сверлильного участка технологию обработки детали из нового материала. Этот материал ведет себя иначе, чем другие материалы: при сверлении размеры отверстий получаются больше, чем установлено техническими условиями. После тщательного измерения размеров сверл и отверстий инженер приходит к выводу о необходимости дальнейшего исследования. Несмотря на то, что применяются стандартные сверла, размеры отверстий выходят за пределы, установленные допусками. Проведя дополнительные измерения и просмотрев несколько справочников, содержащих данные об ожидаемых размерах отверстий, инженер приходит к выводу о том, что данный материал ведет себя необычным образом.

Цель регрессионного анализа — математически предсказать изменения зависимой переменной (диаметр отверстия), вызванные изменениями независимой переменной (диаметр сверла). Приведенный выше простой пример лишь иллюстрирует общие принципы регрессионного анализа, хотя подобные задачи, несомненно, встречаются на практике. Регрессионные модели, представленные в этой главе, предоставляют в распоряжение инженера несколько инструментов, чтобы решать подобные задачи. Хотя в повседневной работе инженеру возможно нечасто придется прибегать к регрессионному анализу, идеи, рассмотренные в этой главе, заслуживают изучения.

Ниже приведены четыре программы оценки линии регрессии. Для каждой программы сначала описана математическая модель, затем приведен текст программмы с комментариями. После текста программы следуют один-два примера решения типичных задач.

Описываются четыре модели регрессии: линейная зависимость для одной независимой переменной; линейная зависимость для двух независимых переменных; линейно-логарифмическая регрессия; нелинейная регрессия.

Перед рассмотрением простой линейной регрессии следует сказать несколько слов о прогнозировании на основе регрессионных мо-

делей. Мнения специалистов относительно того, насколько корректны регрессионные модели, расходятся.

Некоторые специалисты считают, что регрессионный анализ не может применяться для прогнозирования, другие допускают такую возможность. По нашему мнению, регрессионный анализ служит мощным инструментом прогнозирования, хотя необходимо соблюдать известную осторожность.

Регрессионный анализ является математически-ориентированным методом. Его можно использовать для предсказания поведения переменной, но надо опираться при этом на здравый смысл. Возможно, это высказывание покажется читателю неопределенным, однако работа инженера-технолога — это сплав специальных научных знаний и умозаключений. Можно спорить о том, какая доля в профессиональной деятельности технолога приходится на умозаключения, но ни один инженер-технолог не скажет, что здравый смысл не является частью его повседневной деятельности.

6.2. ЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИЯ С ОДНОЙ НЕЗАВИСИМОЙ ПЕРЕМЕННОЙ. ПРОГРАММА REG1

Если наблюдения независимой X и зависимой Y переменных имеют рассеяние, где Y линейно зависит от X, то X и Y связаны между собой уравнением: $Y = a + b$. Если результаты наблюдений нанести на график, то связь между ними может быть выражена (более или менее) прямой линией (рис. 6.1, табл. 6.1).

Применяя выбранную функциональную зависимость, можно оценить Y при $X = 3{,}5$. Данные представлены в табл. 6.2.

Модель линейной регрессии с одной переменной имеет вид:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + e.$$

Параметры модели могут быть оценены с помощью следующей системы уравнений:

$$\Sigma Y = nb_0 + b_1\Sigma X;$$
$$\Sigma XY = b_0 + \Sigma X + b_1\Sigma X^2.$$

6.1. Результаты наблюдений зависимой X и независимой Y переменных

Номер наблюдения	X	Y
1	1	2
2	2	3
3	3	7
4	4	7
5	5	11

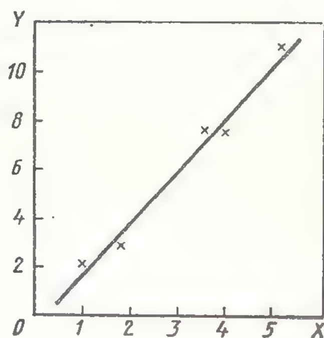


Рис. 6.1. Диаграмма рассеяния в виде прямой линии

6.2. Расчет параметров уравнения регрессии

Номер наблюдения	X	Y	XY	X^2	Y^2
1	1	2	2	1	4
2	2	3	6	4	9
3	3	7	21	9	49
4	4	7	28	16	49
5	5	11	55	25	121
$n=5$	$\Sigma X=15$	$\Sigma Y=30$	$\Sigma XY=112$	$\Sigma X^2=55$	$\Sigma Y^2=232$

Решая эти два уравнения совместно относительно b_0 и b_1, находим их оценки, при этом сумма квадратов остатков e будет минимальной:

$$5b_0 + 15b_1 = 30;$$

$$15b_0 + 55b_1 = 112;$$

$$b_0 = -0{,}6;$$

$$b_1 = 2{,}2;$$

$$Y_e = -0{,}6+2{,}2\,X,$$

где Y_e — выравненное или прогнозируемое значение Y.

Выравненные значения приведены в табл. 6.3.

6.3. Фактические значения X и Y и выравненные значения Y_e

Номер наблюдения	X	Y_e	Y
1	1	1,6	2
2	2	3,8	3
3	3	6,0	7
4	4	8,2	7
5	5	10,4	11

Исходные данные предварительно были «подобраны» таким образом, чтобы график зависимости, рассчитанной по способу наименьших квадратов, выражался прямой линией. Далее необходимо определить, насколько хорошо данные удовлетворяют уравнению прямой линии, или, другими словами, какова теснота связи между исходными и расчетными данными. Формула для расчета коэффициента корреляции приведена ниже:

$$R = \frac{\frac{1}{n}\Sigma\,(X-\overline{X})\,(Y-\overline{Y})}{\sigma_X\,\sigma_Y}.$$

Коэффициент корреляции рассчитывают для того, чтобы проверить, насколько данные удовлетворяют уравнению прямой линии (табл. 6.4). Коэффициент корреляции может принимать значения в диапазоне от +1 до —1. Чем ближе коэффициент корреляции к единице (+1 или —1), тем точнее подобрана линия регрессии. Коэффициент корреляции принимает положительное значение + 1, если прямая линия регрессии образует с положительно направленной

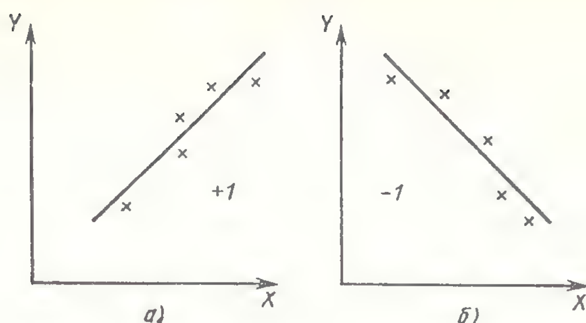


Рис. 6.2. Зависимость $Y=f(X)$ при коэффициенте корреляции:
а — положительном; *б* — отрицательном

осью абсцисс острый угол (рис. 6.2, *а*), и отрицательное значение — 1, если этот угол тупой (рис. 6.2, *б*).

Приведенный расчет иллюстрирует общую схему решения задачи линейного регрессионного анализа. Для составления программы регрессионного анализа для ЭВМ необходимо формулу $Y = a + bX$ преобразовать в формулу

$$Y = B_0 + B_1X + e,$$

где B_0 — свободный член; B_1 — угловой коэффициент; e — случайная погрешность, $e = R = 1 - R_2$; здесь R_2 — доля общей вариации зависимой переменной, для которой справедлива регрессия.

6.4. Расчет коэффициента корреляции

Номер наблюдения	X	Y	$(X-\overline{X})^2$	$(Y-\overline{Y})^2$	$(X-\overline{X})(Y-\overline{Y})$
1	1	2	4	16	8
2	2	3	1	9	3
3	3	7	0	1	0
4	4	7	1	1	1
5	5	11	4	25	10
$=5$	$\frac{\Sigma X}{n}=\frac{15}{5}$ $\overline{X}=3$	$\frac{\Sigma Y}{n}=\frac{30}{5}$ $\overline{Y}=6$	$\Sigma(X-\overline{X})^2=$ $=10$ $\sigma_X=\sqrt{\frac{10}{5}}$	$\Sigma(Y-\overline{Y})^2=$ $=52$ $\sigma_Y=\sqrt{\frac{52}{5}}$	$\Sigma(X-\overline{X})\times$ $\times(Y-\overline{Y})=$ $=22$

$$R=\frac{\frac{1}{5}\cdot 22}{\sqrt{\frac{10}{5}}\sqrt{\frac{52}{5}}}=\frac{4{,}4}{1{,}414\cdot 3{,}225}=0{,}9647$$

Выражение $Y_e = a + bX$ теперь примет вид

$$Y_e = B_0 + B_1 X$$

или

$$Y_e = \overline{Y}\left[\frac{\Sigma(X-\overline{X})(Y-\overline{Y})}{\Sigma(X-\overline{X})^2}\right]\overline{X} + \left[\frac{\Sigma(X-\overline{X})(Y-\overline{Y})}{\Sigma(X-\overline{X})^2}\right]X.$$

Для оценки параметров уравнения регрессии используют формулы [1]

$$B_1 = \frac{\Sigma(X-\overline{X})(Y-\overline{Y})}{\Sigma(X-\overline{X})^2};$$

$$B_0 = \overline{Y} - B_1\overline{X};$$

$$R_2 = \frac{B_1(\Sigma(X-\overline{X})(Y-\overline{Y}))}{\Sigma(Y-\overline{Y})^2}.$$

Коэффициент корреляции R_1 рассчитывают по формуле

$$R_1 = \frac{\Sigma(X-\overline{X})(Y-\overline{Y})}{\sqrt{\frac{\Sigma(X-\overline{X})^2}{n}\ \frac{\Sigma(Y-\overline{Y})^2}{n}}}.$$

Метод регрессионного анализа применим для решения многих производственных задач (табл. 6.5).

6.5. Типичные примеры использования регрессионного анализа

Независимая переменная	Зависимая переменная
Диаметр сверла	Диаметр отверстия после сверления
Температура термической обработки	Прямизна
Глубина резания	Прогиб
Ширина сварочного шва	Зона прогрева
Подача	Скорость резания

В любом из примеров, приведенных в табл. 6,5, действуют многие другие факторы (независимые переменные), оказывающие влияние на результирующий показатель. Одна из основных предпосылок правильного проведения регрессионного анализа заключается в том, что все другие независимые величины считаются постоянными.

[1] Возможна и другая равнозначная форма записи коэффициентов.—*Прим. перев.*

$$B_1 = \frac{n\Sigma XY - \Sigma Y \Sigma X}{n\Sigma X^2 - \Sigma X\, \Sigma X};$$

$$B_0 = \frac{\Sigma Y - B_1\,\Sigma X}{n}.$$

$$R_1 = \frac{n\Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{\sqrt{[n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2]\,[n\Sigma Y^2 - (\Sigma y)^2}}$$

Прим. перев.

```
1 REM PROGRAM NAME REG1
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM CONPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
4 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
10 CLS
20 PRINT"THIS PROGRAM CALCULATES REGRESSION LINES"
30 PRINT"FOR ONE UNKNOWN"
40 PRINT"THE PROLGRAM IS DEVELOPED IN 2 PARTS"
50 PRINT"THE FIRST PART THE USER INPUTS X AND Y DATA"
60 PRINT"THEN THE COMPUTER CALCULATES A CORRECTED Y"
65 PRINT
70 PRINT"THE USER THEN HAS THE OPTION OF TYPING IN A"
80 PRINT"SINGLE ENTRY FOR A FORECAST OF Y"
85 PRINT
90 PRINT"X VALUES ARE INDEPENDENT DATA"
91 PRINT"Y VALUES ARE DEPENDENT DATA"
92 FORI=1TO3:PRINT:NEXT
93 INPUT"ENTER THE NAME OF THE X VALUES";X$
94 INPUT"ENTER THE NAME OF THE Y VALUES";Y$
95 DIMX(25),Y(25),Z(25)
96 CLS
100 INPUT"ENTER THE TOTAL NO. OF X & Y DATA POINTS";N
110 FORI=1TON
120 PRINT"TYPE IN X & Y VALUES SEPARATED BY A COMMA"
130 INPUTX(I),Y(I)
135 REMX1=SUM X,X2=SUM X SQ
140 X1=X1+X(I):X2=X2+X(I)[2
150 Y1=Y1+Y(I):Y2=Y2+Y(I)[2


155 REM X3=SUM X* SUM Y
160 X3=X3+(X(I)*Y(I))
170 NEXTI
175 REMX4=X BAR
180 X4=X1/N:Y4=Y1/N
185 REM X5=SUM A-X BAR SQ
190 X5=X2-((X1[2)/N)
200 Y5=Y2-((Y1[2)/N)
205 REM X6=SUM X-X BAR * SUM Y-Y BAR
210 X6=X3-((X1)*(Y1))/N
220 B1=X6/X5
230 B2=Y4-(B1*X4)
240 REM Z(I)=CORRECTED Y
260 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"REGRESSION ANALYSIS"
261 LPRINT"  "
265 LPRINT"SAMPLE";TAB(15);"X";TAB(29);"Y";TAB(43);"CORRECTED Y"
266 LPRINT TAB(15);X$;TAB(29);Y$
267 LPRINT"  "
270 FORI=1TON
275 Z(I)=B2+(B1*X(I))
280 LPRINTI,X(I),Y(I),Z(I)
285 NEXT
289 LPRINT"  "
290 LPRINT"B1 =";B1,"B2 =";B2
300 R2=(B1*(X3-((X1*Y1)/N)))/(Y2-((Y1)[2)/N)
310 R1=(X3-((X1*Y1)/N))/SQR((Y2-((Y1)[2)/N)*(X2-((X1)[2)/N))
320 LPRINT"THE CORRELATION COEFFICIENT IS";R1
330 LPRINT"THE CLOSER TO 1 THE BETTER THE DATA FITS Y=A+BX"
340 LPRINT"  "
350 LPRINT"THE PREDICTION Y EXPLAINS";R2;"% OF THE"
360 LPRINT"VARIATION OF THE DATA INPUTTED AS Y"
370 CLS
380 PRINT"TO INPUT A SINGLE VALUE TYPE 1 OR TYPE 2 TO EXIT"
400 INPUTP
410 ONPGOTO420,500
420 INPUT"THE VALUE OF X IS";X
430 Y=B2+(B1*X)
440 LPRINT"FOR A VALUE OF";X;"Y EQUALS";Y
450 CLS:PRINT"FOR A VALUE OF";X;"Y EQUALS";Y
460 PRINT"FOR ANOTHER VALUE TYPE 1 OR 2 TO EXIT"
470 INPUTP
480 ONPGOTO420,500
500 END
```

Распечатка 6.1.

Программа REG1. Программа занимает 1912 байт оперативной памяти (распечатка 6.1).

Комментарий к программе. Строки программы с номерами 20—91 содержат инструкции для пользователя. ЭВМ резервирует десять ячеек памяти в тех случаях, когда опущен оператор DIM. Чтобы пользователю было удобно работать с программой, в строке с номером 95 резервируется память для 25 значений величин X и Y. Если требуется ввести более 25 пар чисел, необходимо соответствующим образом переписать строку 95. По команде, записанной в программе, ЭВМ выделит по 25 ячеек памяти для X, Y и Z.

С помощью операторов FOR — NEXT в программе организован цикл для ввода значений переменных в виде X (I), т. е. индексированных переменных. Это позволяет ЭВМ обращаться к каждому значению самостоятельно при проведении последующих расчетов, например вычислении средних значений величин.

При проведении расчетов вручную пользователю пришлось бы организовывать данные в табличной форме, с тем чтобы последовательно обрабатывать каждое наблюдение по зависимой и независимой переменным. То же самое осуществляется в программе в строках 175—285. Сначала рассчитываются суммы значений X и Y, средние арифметические значения, суммы квадратов X^2 и Y^2, суммы произведений XY. Затем проводится заключительная часть расчетов.

В строке 275 рассчитывается новое значение *Y*. Оно определяется как значение переменной Z (I). Строка 280 печатает фактические значения X (I) и Y (I) и выравненные значения Y в виде значений *Z* (I).

```
REGRESSION  ANALYSIS

SAMPLE          X               Y                CORRECTED Y
                DRILL SIZE      HOLE PRODUCED

 1               .257            .2608            .26101
 2               .375            .3796            .37933
 3               .5              .5048            .504669
 4               .6875           .6925            .692677
 5               .7812           .7864            .78663
 6               .875            .8809            .880684

B1 = 1.00271     B2 = 3.31438E-03
THE CORRELATION COEFFICIENT IS .999999
THE CLOSER TO 1 THE BETTER THE DATA FITS Y=A+BX

THE PREDICTION Y EXPLAINS .999998 % OF THE
VARIATION OF THE DATA INPUTTED AS Y


FOR A VALUE OF .125 Y EQUALS .128653
FOR A VALUE OF .25 Y EQUALS .253991
FOR A VALUE OF .625 Y EQUALS .630007
FOR A VALUE OF 1 Y EQUALS 1.00602
FOR A VALUE OF 1.25 Y EQUALS 1.2567
FOR A VALUE OF 1.5 Y EQUALS 1.50738
FOR A VALUE OF 1.75 Y EQUALS 1.75805
```

Распечатка 6.2.

```
REGRESSION ANALYSIS

SAMPLE          X               Y                  CORRECTED Y
                BORE DIA.       CHIP CLEARANCE

 1              1.25            .183               .183283
 2              1.625           .238               .238174
 3              1.875           .275               .274769
 4              2.25            .33                .32966
 5              2.75            .403               .402849
 6              3.25            .476               .476038
 7              3.75            .549               .549227

B1 = .146378     B2 = 3.10361E-04
THE CORRELATION COEFFICIENT IS .999998
THE CLOSER TO 1 THE BETTER THE DATA FITS Y=A+BX

THE PREDICTION Y EXPLAINS .999995 % OF THE
VARIATION OF THE DATA INPUTTED AS Y


FOR A VALUE OF 1 Y EQUALS .146688
FOR A VALUE OF 1.5 Y EQUALS .219877
FOR A VALUE OF 1.75 Y EQUALS .256471
FOR A VALUE OF 2 Y EQUALS .293066
FOR A VALUE OF 2.5 Y EQUALS .366255
FOR A VALUE OF 3 Y EQUALS .439444
FOR A VALUE OF 3.5 Y EQUALS .512633
FOR A VALUE OF 4 Y EQUALS .585821
FOR A VALUE OF 5 Y EQUALS .732199
```

Распечатка 6.3.

В строках 300 и 310 рассчитываются коэффициенты R_1 и R_2. Вторую часть программы составляют строки 380—490. Пользователь получает возможность вводить новые значения X и рассчитывать выравненные значения Y. Все ранее введенные исходные величины продолжают храниться в памяти ЭВМ.

В строке 430 уравнение регрессии записано в виде $Y = B_2 + (B_1X)$. Коэффициенты B_1 и B_2 уже рассчитаны в программе на основании данных наблюдений X и Y.

Регрессионный анализ

Номер наблюдения	X (диаметр сверла)	Y (диаметр отверстия)	Оцененное значение Y
1	0,257	0,2608	0,26101
2	0,375	0,3796	0,37933
3	0,5	0,5048	0,504669
4	0,6875	0,6925	0,692677
5	0,7812	0,7864	0,78663
6	0,875	0,8809	0,880684

B1=1,0027 B2=3,31438E—03

Коэффициент корреляции 0,999999
Чем ближе к 1, тем точнее данные удовлетворяют Y=A+BX
Прогноз Y объясняет 0,999998% колебаний наблюдений Y
Для А, равного 0,125, Y равняется 0,128653
Для А, равного 0,25, Y равняется 0,253991
Для А, равного 0,625, Y равняется 0,630007
Для А, равного 1, Y равняется 1,00602
Для А, равного 1,25, Y равняется 1,2567
Для А, равного 1,5, Y равняется 1,50738
Для А, равного 1,75, Y равняется 1,75805

К распечатке 6.2.

Из распечатки 6.2 ясно, что данные о размерах сверл и получающихся при обработке ими отверстий взяты из справочника. Действительно, коэффициент корреляции имеет очень близкое к единице значение. Данные подобраны преднамеренно и служат для демонстрации работы программы.

Для распечатки 6.3 задача может быть сформулирована так: определить зазор для схода стружки, если размер борштанги задан. Ответ получен после обработки таблицы, в которой собраны данные по нескольким наблюдениям.

6.3. МНОЖЕСТВЕННАЯ РЕГРЕССИЯ. ПРОГРАММА REG2

Рассмотрим теперь модель множественной регрессии. Само название модели говорит о том, что в ней используется более одной независимой переменной.

Программа REG2 рассчитывает уравнение регрессии для двух независимых переменных X и одной зависимой переменной Y. Применяемые формулы во многом схожи с формулами простой регрессии, только более громоздкие. Их можно найти в любом учебнике по статистике. Формулы, использованные в программе, были взяты из справочника «Кволити контрол».

Можно назвать множество примеров из производственной практики, когда некоторая зависимая переменная является результатом воздействия двух взаимно несвязанных между собой независимых переменных или управляющих факторов. Типичные примеры множественной регрессии приведены в табл. 6.6.

6.6. Типичные примеры использования многофакторного регрессионного анализа

Управляющие факторы (независимые переменные)		Управляемые факторы (зависимая переменная) Y
X1	X2	
Время	Температура	Глубина цементации
Твердость материала	Подача	Стойкость инструмента
Содержание углерода	Поперечное сечение	Размер сердцевины

В общем виде математическая модель множественной регрессии записывается следующим образом:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_k X_k + e,$$

где B — неизвестные коэффициенты при X; e — случайная погрешность.

Тогда прогнозируемое значение

$$\widehat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k.$$

Общее уравнение регрессии можно записать в матричной форме:

$$\overset{\mathbf{S}}{\begin{bmatrix} \Sigma X_1^2 & \Sigma X_1 X_2 \dots \Sigma X_1 X_k \\ \Sigma X_2 X_1 & \Sigma X_2^2 \dots \Sigma X_2 X_k \\ \Sigma X_k X_1 & \Sigma X_k X_2 \dots \Sigma X_k^2 \end{bmatrix}} \overset{\mathbf{b}}{\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_k \end{bmatrix}} = \overset{\mathbf{a}}{\begin{bmatrix} \Sigma X_1 Y \\ \Sigma X_2 Y \\ \Sigma X_k Y \end{bmatrix}},$$

где $\mathbf{Sb} = \mathbf{a}$.

Написать программу для ЭВМ, в которой реализуется эта модель, довольно сложно. Для решения уравнений используется метод, изложенный в [6.1, 6.2].

Основная цель автора заключалась в том, чтобы инженер-технолог получил полезный инструментарий для решения производственных задач, а не занимался математическими упражнениями. Поэтому при написании программы многофакторного регрессионного анализа REG 2 была использована общая математическая модель с разбиением ее на части.

Такой подход к программированию задачи обладает одним существенным недостатком: внимание читателя направлено на общую математическую модель. X_k определяет число независимых переменных. Программа REG2, текст которой приведен ниже, позволяет вводить ряд наблюдений по двум независимым переменным X_1 и X_2. В том случае, когда язык программирования включает операторы обработки матриц, написание отдельных частей программы упрощается. После того как программа выполнит вычисление параметров линии регрессии, пользователь получает возможность ввести с клавиатуры значения нового ряда наблюдений переменных X_1 и X_2. Оценки Y рассчитываются по формуле:

$$\widehat{Y} = \overline{Y} + b_1(X_1 - \overline{X}_1) + b_2(X_2 - \overline{X}_2),$$

где X_1 и X_2 — новые значения независимых переменных; $\overline{Y}$, $\overline{X}_1$ $\overline{X}_2$— средние арифметические значения, вычисленные на основании первоначальных данных; b_1 и b_2 — расчетные коэффициенты для X_1 и X_2.

В конце работы программа выводит на печать корреляционную матрицу, которая выполняет ту же роль, что и коэффициент корреляции в простой регрессии. С ее помощью пользователь может определить, насколько точно данные удовлетворяют прямой линии. При идеальном подборе линии регрессии элементы корреляционной матрицы, расположенные на главной диагонали, равны единице, остальные элементы равны нулю:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

или

$$\begin{bmatrix} 1{,}0001 & 0{,}0004 \\ 0{,}0001 & 0{,}9985 \end{bmatrix}$$

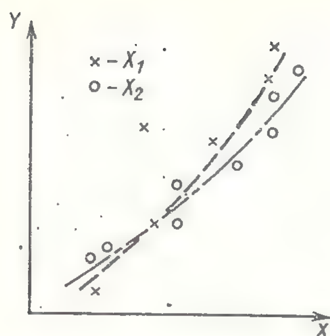


Рис. 6.3. Рассеяние величин X_1, X_2

При графическом определении линия регрессии может оказаться искривленной. Корреляционная матрица позволяет судить, насколько хорошо данные удовлетворяют уравнению прямой линии. Исходные значения могут быть представлены в виде диаграммы (рис. 6.3).

Программа REG2. Программа занимает 3252 байт оперативной памяти (распечатка 6.4, 6.5)

Множественная регрессия

Номер наблюдения	Давление X1	Кислотность X2	Усилие Y	Прогноз YE
1	110	116	665	672,343
2	119	104	618	636,181
3	138	94	620	624,101
...	...	...	...	...
20	120	120	640	620,987

Номер наблюдения	Остаток
1	—7,34332
2	—18,1808
3	—4,10132
...	...
20	19,0134

Сумма остатков —8,54492E—04
Для X, равных 121 и 98, оцененное значение Y или YE равно 614,175
Для X, равных 122 и 98, оцененное значение Y или YE равно 615,745
Для X, равных 123 и 98, оцененное значение Y или YE равно 617,315
0 —8,54492E—04
Корреляционная матрица
1 0
0 1
Чем ближе элементы корреляционной матрицы к 1 или 0, тем точнее подобрана зависимость для описания наблюдаемых данных

К распечатке 6.5.

Комментарии к программе. Структура программы в строках 1—290 аналогична структуре программы REG1. Оператор REM позволяет пользователю вставлять в программу комментарий, поясняющий ее работу, например:

Строка 180: REM XE = SUMX1 * Y

Исходные и расчетные величины, используемые в программе, представлены в табл. 6.7.

6.7. Переменные, используемые в программе REG2

$X1 = X1\ (I)$	$X2 = X2\ (I)$	$Y = Y\ (I)$
X1 (1)	X2 (1)	Y (1)
X1 (2)	X2 (2)	Y (2)
X1 (3)	X2 (3)	Y (3)
⋮	⋮	⋮
X1 (N)	X2 (N)	Y (N)
$XA = \Sigma X1$	$XB = \Sigma X2$	$Y1 = Y$
$XC = \Sigma X1^2$	$XD = \Sigma X2^2$	$Y2 = \Sigma Y^2$
$XE = \Sigma X1Y$	$XF = \Sigma X2Y$	
$XH = \overline{X}1$	$XJ = \overline{X}2$	$Y3 = \overline{Y}$

Примечание. $XG = \Sigma X1\ X2$; $S1 = \Sigma X1^2 - ((\Sigma X1)^2/N)$; $S2 = \Sigma X2^2 - ((\Sigma X2)^2/N)$.

Для упрощения расчетов уравнения приходится преобразовывать внутри программы.

```
1 REM PROGRAM NAME REG2
2 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
3 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
4 REM COPY RIGHT ALL RIGHTS RESERVED
10 CLS
20 PRINT"THIS PROGRAM CALCULATES REGRESSION LINES"
30 PRINT"FOR 2 UNKNOWNS"
40 PRINT"THE PROGRAM IS DEVELOPED IN 2 PARTS"
50 PRINT"FOR THE FIRST PART, THE USER INPUTS X1, X2 AND Y DATA"
60 PRINT"AND THE COMPUTER CALCULATES A CORRECTED Y OR (YE)"
70 PRINT"THEN THE USER INPUTS SINGLE ENTRIES OF X1 AND X2"
80 PRINT"FOR A SINGLE CORRECTED VALUE OF Y OR (YE)"
90 DIMX1(20),X2(20),Y(20),Z(20)
91 DIMRE(20)
95 FORX=1TO4:PRINT:NEXTX
96 INPUT"ENTER THE NAME OF X1";N1$
97 INPUT"ENTER THE NAME OF X2";N2$
98 INPUT"ENTER THE NAME OF Y";N3$
100 INPUT"ENTER THE TOTAL NUMBER OF Y DATA POINTS";N
110 FORI=1TON
120 PRINT"ENTER THE DATA X1,X2,Y (SEPARATE BY COMMAS)"
130 INPUT X1(I),X2(I),Y(I)
140 REM XA=SUM X1,XB=SUM X2,Y1=SUM Y
150 XA=XA+X1(I):XB=XB+X2(I):Y1=Y1+Y(I)
160 REM XC=SUM X1 SQR,XD=SUM X2 SQR,Y2=SUM Y SQR
170 XC=XC+X1(I)[2:XD=XD+X2(I)[2:Y2=Y2+Y(I)[2
180 REM XE=SUM X1*Y:XF=SUM X2*Y:XG=SUM X1*X2
190 XE=XE+(X1(I)*Y(I)):XF=XF+(X2(I)*Y(I)):XG=XG+(X1(I)*X2(I))
200 NEXTI
210 REM XH=X1 BAR:XJ=X2 BAR: Y3=Y BAR
220 XH=XA/N:XJ=XB/N:Y3=Y1/N
230 REM START MATRIX
240 S1=XC-((XA[2)/N)
250 S2=XD-((XB[2)/N)
260 A1=XE-(((XA)*(Y1))/N)
270 A2=XF-(((XB)*(Y1))/N)
```

```
280 S3=XG-(((XA)*(XB))/N)
290 S4=S3
300 REM MATRIX CONSTRUCTION NEW CONTINUES AS P
310 P1=0:P8=0:P2=S1:P3=S3:A3=A1
320 P4=1:P5=S3/S1:A4=A3/S1
330 P6=S2-(P5*S3)
340 A5=A2-(P5*A3)
350 P7=1
360 A6=A5/P6
370 B2=A6
380 B1=A4-(P5*B2)
390 REM B3=B0
400 B3=Y3-(B1*XH)-(B2*XJ)
410  LPRINT CHR$(27);CHR$(14);"MULTIPLE REGRESSION"
420 LPRINT "ITEM",N1$,N2$,N3$,"FORECAST"
425 LPRINT " "
430 LPRINT " ",;"X1";,;"X2";,;"Y";,;"YE"
440 FORI=1TON
450 YE=Y3+(B1*(X1(I)-XH))+(B2*(X2(I)-XJ))
460 LPRINT I,X1(I),X2(I),Y(I),YE
461 RE(I)=Y(I)-YE:SR=SR+RE(I)
470 NEXT I
471 LPRINT "ITEM","RESIDUAL"
472 FORI=1TON
473 LPRINT I,RE(I)
474 NEXTI
475 LPRINT "SUM RESIDUAL";SR
480 LPRINT " "
490 PRINT"FOR A SINGLE ENTRY OF X1,X2 TYPE 1"
491 PRINT"OR TYPE 2 TO EXIT"
500 INPUTT
510 ONTGOTO520,570
520 INPUT"TYPE IN THE VALUE OF X1,X2";L,M
530 YE=B3+((B1*L)+(B2*M))
540 LPRINT "FOR A VALUE OF ";L;"AND";M;"THE EXPECTED Y OR YE IS";YE
550 INPUT "FOR ANOTHER SINGLE ENTRY TYPE 1 OR 2 TO EXIT";T
560 ONTGOTO520,570
570 REM IDENTITY MATRIX
573 LPRINT RE,SR
580 C2=1/P6:C3=-(C2*P5):C1=1/P2-(C3*P5):C4=C3
590 I1=(C1*S1)+(C3*S4)
600 I3=(C1*S3)+(C3*S2)
610 I4=(C4*S1)+(C2*S4)
620 I2=(C4*S3)+(C2*S2)
630 LPRINT " "
640 LPRINT CHR$(1);"THE IDENTITY MATRIX"
660 LPRINT I1,I3
665 LPRINT " "
670 LPRINT I4,I2
680 LPRINT " "
690 LPRINT "IN THE IDENTITY MATRIX, THE CLOSER THE VALUES ARE"
700 LPRINT "TO 1 AND 0 THE BETTER THE DATA FITS"
710 END
```

Распечатка 6.4.

```
MULTIPLE REGRESSION
ITEM            PRESSURE        ACID            STRENGTH        FORECAST

                X1              X2              Y               YE
 1               110             116             665             672.343
 2               119            104              618             636.181
 3               138            94               620             624.101
 4               130            86               574             578.012
 5               143             110             682             699.009
 6               133            87               594             586.913
 7               147            114              722             722.054
 8               142            106              700             680.675
 9               125            107              681             658.175
 10              135            106              695             669.684
 11              152            98               664             662.847
 12              118            86               548             559.171
 13              155            87               620             621.455
 14              128            96               595             616.783
 15              146             120             740             745.63
 16              132            108              670             673.356
 17              130            104              640             653.452
 18              112            91               590             570.706
 19              113            92               570             576.467
 20              120            100              640             620.987
ITEM            RESIDUAL
 1              -7.34332
 2              -18.1808
 3              -4.10132
 4              -4.01196
 5              -17.0092
 6               7.08667
 7              -.053833
 8               19.3253
 9               22.8254
 10              25.3158
 11              1.15332
 12             -11.1711
 13             -1.45496
 14             -21.7828
 15             -5.63031
 16             -3.3562
 17             -13.4516
 18              19.2939
 19             -6.46729
 20              19.0134
SUM RESIDUAL-8.54492E-04


FOR A VALUE OF  121 AND 98 THE EXPECTED Y OR YE IS 614.175
FOR A VALUE OF  122 AND 98 THE EXPECTED Y OR YE IS 615.745
FOR A VALUE OF  123 AND 98 THE EXPECTED Y OR YE IS 617.315
 0              -8.54492E-04

THE IDENTITY MATRIX
 1              0

 0              1

IN THE IDENTITY MATRIX, THE CLOSER THE VALUES ARE
TO 1 AND 0 THE BETTER THE DATA FITS
```

Распечатка 6.5.

Термин «матрица» использован только для того, чтобы показать процесс формирования таблицы в строках 300—480, и не связан с матрицей в математическом смысле слова.

Строки 490—560 программы позволяют пользователю вводить отдельные значения X1 и X2 для расчета величин Y, при этом X1 и X2 не являются частью исходной совокупности данных, т. е. эта часть программы позволяет прогнозировать значения Y.

В строках 570—710 корреляционная матрица рассчитывается так же, как коэффициент корреляции в модели простой регрессии.

Одно замечание. Имеется множество книг, статей и трудов, посвященных регрессионному анализу. Цель этой книги — вооружить инженера знанием основ применения микроЭВМ и моделей математической статистики, с тем чтобы написать программы, которые окажут ему помощью в работе. Программы, приведенные в этой главе, являются базовыми. Проницательный читатель заметит что многие из статистических проверок не рассматриваются. Чтобы объяснить, почему это так, можно провести следующую аналогию. Допустим, инженер изучает проблему сокращения брака и повторных обработок изделия. Единица измерения равна 0,001 дюйма (0,0254 мм). Попытка решить задачу, используя измерения с точностью до 0,00001 дюйма (0,000254 мм) оказалась бы попыткой с негодными средствами, хотя такой подход имел бы некоторую теоретическую ценность. Для иллюстрации: статистическая погрешность в разности $\Sigma Xm^2 - (\Sigma Xm)^2/n$ и $\Sigma (Xm - \overline{X})^2$ в большинстве случаев имеет лишь академическое значение для решения задачи.

6.4. НЕЛИНЕЙНЫЕ РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ. ПРОГРАММЫ REG3 И REG4

Большинству инженеров-технологов приходилось пользоваться для графоаналитической обработки планшетами с логарифмической или полулогарифмической сеткой. Например, кривые освоения производства удобно строить в логарифмических координатах. Когда данные отображаются в обычных осях координат, часто становится очевидным, что график зависимости между ними не может быть выражен прямой линией. Ниже описаны две дополнительные регрессионные модели и приведены программмы расчетов.

Линейно-логарифмическая регрессия. Линейно-логарифмическая модель описывает полулогарифмическую зависимость. Полулогарифмическая зависимость означает, что на одной оси координат наносится линейная шкала, на другой — логарифмическая.

В качестве общей математической модели для зависимости используется уравнение прямой:

$$y = a' + bx.$$

Для преобразования к линейному виду используется формула

$$\ln y = \ln a + bx,$$

```
1 REM PROGRAM NAME REG3
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
4 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
10 CLS
20 PRINT"THIS REGRESSION MODEL IS USED WHEN"
30 PRINT"X IS LINEAR AND Y IS (LOG)"
40 PRINT"X IS INDEPENDENT AND Y IS THE DEPENDENT VARIABLE"
50 PRINT"FOR THE FUNCTION  INY=INA + BX INE"
60 PRINT"THE PROGRAM IS CALCULATED IN NATURAL OR E BASE LOGS"
90 PRINT"AND THE PROGRAM IS DEVELOPED IN 2 PARTS"
100 PRINT"THE FIRST PART IS CALCULATING THE MODEL AND THE SECOND"
110 PRINT"PART IS ENTERING SINGLE VALUES OF X FOR FORECASTING"
111 INPUT"TYPE IN THE NAME OF X";X$
112 INPUT"TYPE IN THE NAME OF Y";Y$
120 INPUT"TYPE IN THE NUMBER OF DATA POINTS FOR X";N
130 FORI=1TON
140 INPUT"TYPE IN X & Y VALUES, SEPARATE BY A COMMA";X(I),Y(I)
150 REM A=SUMX:B=SUMY:C=X*Y:D=X SQR:E=Y SQR
160 A=A+X(I):Y1(I)=LOG(Y(I)):B=B+Y1(I)
161 PRINTY1(I)
170 D=D+X(I)[2:E=E+Y1(I)[2:C=C+(X(I)*Y1(I))
180 NEXTI
190 B1=((N*C)-(A*B))/(N*D-(A[2))
200 A1=((1/N)*(B-(B1*A)))
210 LPRINT CHR$(27);CHR$(14);"SEMI - LOG REGRESSION"
220 LPRINT" "
230 LPRINT"SAMPLE",X$,Y$,"CORRECTED Y"
240 FORI=1TON:YE=A1+(B1*X(I)):YE=EXP(YE)
260 LPRINTI,X(I),Y(I),YE:NEXTI:LPRINT" "
270 R=((N*C)-(A*B))/SQR(((N*D)-(A[2))*((N*E)-(B[2)))
275 LPRINT"THE CORRELATION IS ";R
280 LPRINT"THE CLOSER TO +1 OR -1 , THE BETTER THE DATA FITS"
290 LPRINT"THE MODEL INY=INA+BX"
310 INPUT"FOR A SINGLE ENTRY TYPE 1 OR 2 TO EXIT";P
320 ONPGOTO330,380
330 INPUT"TYPE IN THE X VALUE";X
340 YE=EXP(B1*X)*A2
350 LPRINT"FOR A VALUE OF ";X;"YE EQUALS";YE
360 INPUT"FOR ANOTHER SINGLE ENTRY TYPE 1 OR 2 TO EXIT";P
370 ONPGOTO330,380
380 END
```

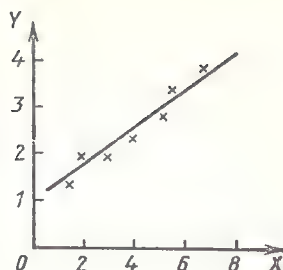
SEMI — LOG REGRESSION

SAMPLE	SAMPLE X	SAMPLE Y	CORRECTED Y
1	1	1.25	1.41346
2	2	1.85	1.65029
3	3	2	1.92678
4	4	2.19	2.24961
5	5	2.66	2.62652
6	6	3.17	3.06659
7	7	3.55	3.58038
8	8	4.02	4.18026

THE CORRELATION IS .983959
THE CLOSER TO +1 OR -1 , THE BETTER THE DATA FITS
THE MODEL INY=INA+BX

Распечатка 6.6.

Рис. 6.4. Линейно-логарифмическая зависимость $y = \lg x$



где

$$b = \frac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2};$$

$$a = (1/n)\,(\Sigma y - b\Sigma x).$$

Коэффициент корреляции

$$R = \frac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{\sqrt{[n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2]\,[n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}}.$$

На рис. 6. 4. показано типичное для такой зависимости рассеяние точек.

Программа REG3. Программа занимает 1726 байт оперативной памяти (распечатка 6.6).

Полулогарифмическая регрессия

Номер наблюдения	Наблюдение X	Наблюдение Y	Оценное значение Y
1	1	1,25	1,41346
2	2	1,85	1,65029
3	3	2	1,92678
4	4	2,19	2,24961
5	5	2,66	2,62652
6	6	3,17	3,06659
7	7	3,55	3,58038
8	8	4,02	4,18026

Коэффициент корреляции 0,983959
Чем ближе к 1, тем точнее данные удовлетворяют модели
ln Y=ln A + BX

К распечатке 6.6.

Хотелось бы предостеречь тех, кто будет пользоваться моделями регрессионного анализа, отличными от линейных. При решении инженерных задач к ошибочным выводам могут привести исходные данные, методы анализа или данные и метод. Поэтому, прежде чем использовать ту или иную модель, инженер должен убедиться в том, что исходные данные удовлетворяют выбранной модели. Для иллюстрации этого положения можно воспользоваться приведенными ниже результатами расчетов по программе REG3. Обратите внимание на то, что усредненные значения не очень хорошо совпадают с фак-

тическими значениями Y. Это можно объяснить одной из следующих причин: слишком велик диапазон значений Y, зависящих от величины X или модель регрессии плохо представляет множество точек (X, Y), полученное в результате наблюдений.

Наглядным примером не слишком умелого подбора линии регрессии служат приведенные в книге расчеты, из которых видно, что коэффициент корреляции составляет 0,9839. Отсюда следует, что линейно-логарифмическая зависимость неточно представляет множество исходных точек.

Нелинейная регрессия. В случае нелинейной регрессии по оси OX наносится линейная шкала, в то время как по оси OY шкала представляет собой некоторую показательную функцию X.

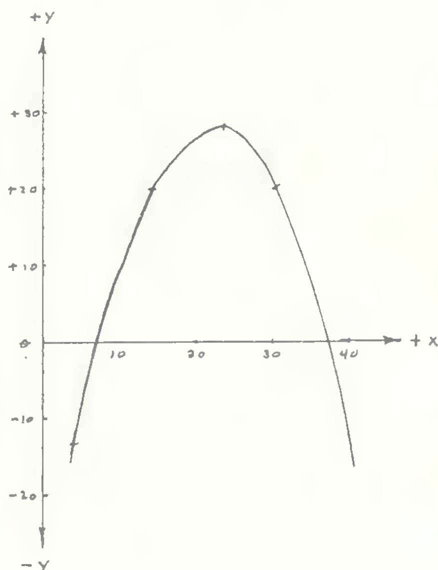
Данная программа написана для уравнения параболы второго порядка. Математическая модель имеет вид:

```
1 REM PROGRAM NAME REG 4
2 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MFG ENG
3 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
4 REM COPY RIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
10 FORX=0TO32:PRINT:NEXTX
20 PRINT"THIS REGRESSION MODEL IS USED FOR"
30 PRINT"CURVILINEAR DATA"
40 PRINT"WHEN X IS LINEAR AND Y IS CURVED"
50 PRINT"THE PROGRAM IS DEVELOPED IN 2 PARTS"
60 PRINT"THE FIRST PART IS INPUTTING X AND Y DATA"
70 PRINT"AND THE SECOND PART IS FOR SINGLE ENTRIES FOR FORECASTING"
71 INPUT"TYPE IN THE NAME OF X";X$
72 INPUT"TYPE IN THE NAME OF Y";Y$
80 INPUT"INPUT THE NUMBER OF DATA POINTS";N
90 REM X(I)=X,Y(I)=Y,A=SUM X, B=SUM Y
100 FORI=1TON
110 INPUT"ENTER X AND Y DATA, SEPARATE BY A COMMA";X(I),Y(I)
120 A=A+X(I):B=B+Y(I)
130 NEXT I
140 REM XB=X BAR
150 XB=A/N
160 FORI=1TON
170 X1(I)=X(I)-XB:C=C+(X1(I)*Y(I)):D(I)=X1(I)[2
180 E=E+(D(I)*Y(I)):F=F+D(I):G=G+(X1(I)[4)
190 NEXTI
200 B1=C/F
210 B2=(E-((B/N)*F))/(G-((F/N)*F))
220 BQ=(B-(B2*F))/N
221 LPRINT "B1","B2","B0"
222 LPRINT B1,B2,B0
230 LPRINT CHR$(27);CHR$(14);"CURVILINEAR REGRESSION"
240 LPRINT CHR$(2);
250 LPRINT "ITEM",X$,Y$,"FORECASTED Y"
260 LPRINT "X","Y","YE"
265 LPRINT " "
270 FORI=1TON
280 YE=B0+(B1*X1(I))+(B2*D(I))
290 LPRINT I,X(I),Y(I),YE
300 NEXTI
310 LPRINT " "
320 PRINT"FOR A SINGLE ENTRY TYPE 1 OR 2 TO EXIT"
330 INPUTQ
331 ONQGOTO340,400
340 INPUT"THE VALUE OF X IS";X
350 YE=B0+(B1*(X-XB))+(B2*((X-XB)[2))
360 LPRINT "FOR A VALUE OF";X;"YE EQUALS";YE
370 PRINT"FOR ANOTHER ENTRY TYPE 1 OR 2 TO EXIT"
380 INPUTQ
390 ONQGOTO340,400
400 END
```

```
B1              B2              B0
 1.89058        -.130756        21.9158
CURVILINEAR REGRESSION
ITEM            X DATA          Y DATA          FORECASTED Y
X               Y               YE

 1               5               2              -8.6555
 2               10              6               10.2082
 3               16              16              24.2148
 4               17              23              25.6339
 5               18              28              26.7916
 6               22              32              28.8069

FOR A VALUE OF 3 YE EQUALS-10.0316
FOR A VALUE OF 4 YE EQUALS-13.2128
FOR A VALUE OF 5 YE EQUALS-8.6555
FOR A VALUE OF 6 YE EQUALS-4.35973
FOR A VALUE OF 7 YE EQUALS-.325474
FOR A VALUE OF 8 YE EQUALS 3.44727
FOR A VALUE OF 9 YE EQUALS 6.95851
FOR A VALUE OF 10 YE EQUALS 10.2082
FOR A VALUE OF 11 YE EQUALS 13.1964
FOR A VALUE OF 12 YE EQUALS 15.9231
FOR A VALUE OF 13 YE EQUALS 18.3883
FOR A VALUE OF 14 YE EQUALS 20.592
FOR A VALUE OF 15 YE EQUALS 22.5342
FOR A VALUE OF 16 YE EQUALS 24.2148
FOR A VALUE OF 17 YE EQUALS 25.6339
FOR A VALUE OF 18 YE EQUALS 26.7916
FOR A VALUE OF 19 YE EQUALS 27.6877
FOR A VALUE OF 20 YE EQUALS 28.3223
FOR A VALUE OF 21 YE EQUALS 28.6954
FOR A VALUE OF 22 YE EQUALS 28.8069
FOR A VALUE OF 23 YE EQUALS 28.657
FOR A VALUE OF 24 YE EQUALS 28.2456
FOR A VALUE OF 25 YE EQUALS 27.5726
FOR A VALUE OF 26 YE EQUALS 26.6381
FOR A VALUE OF 27 YE EQUALS 25.4421
FOR A VALUE OF 28 YE EQUALS 23.9846
FOR A VALUE OF 29 YE EQUALS 22.2656
FOR A VALUE OF 30 YE EQUALS 20.2851
FOR A VALUE OF 31 YE EQUALS 18.0431
FOR A VALUE OF 32 YE EQUALS 15.5395
FOR A VALUE OF 33 YE EQUALS 12.7745
FOR A VALUE OF 34 YE EQUALS 9.74789
FOR A VALUE OF 35 YE EQUALS 6.4598
FOR A VALUE OF 36 YE EQUALS 2.91024
FOR A VALUE OF 37 YE EQUALS-.900871
FOR A VALUE OF 38 YE EQUALS-4.9735
FOR A VALUE OF 39 YE EQUALS-9.30766
FOR A VALUE OF 40 YE EQUALS-13.9033
```



Распечатка 6.7.

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_1^2 + e.$$

Параметры этой модели могут быть оценены с помощью следующей системы уравнений, которые решаются методом подстановки:

$$\Sigma Y = nb_0 + b_1 \Sigma X + b_2 \Sigma X^2;$$

$$\Sigma XY = b_0 \Sigma X + b_1 \Sigma X^2 + b_2 \Sigma X^3;$$

$$\Sigma YX^2 = b_0 \Sigma X^2 + b_1 \Sigma X^3 + b_2 \Sigma X^4.$$

Далее приведены текст программы и результаты ее работы.

Программа REG4. Программа занимает 1338 байт оперативной памяти (распечатка 6.7).

В этой программе в качестве линии регрессии используется парабола, параметры которой оцениваются по нескольким исходным точкам (см. результаты расчетов).

В качестве исходных данных были использованы по шесть наблюдений по каждой переменной. Программа была переработана, чтобы обеспечить вывод на печать в том виде, как это показано. Прежде чем мы закончим рассмотрение моделей регрессионного анализа, еще раз подчеркнем: необходимо хорошо представлять форму кривой перед тем, как выбрать модель регрессии.

B1	B2	B0
1,89858	—0,130756	21,9158

Нелинейная регрессия

Номер наблюдения	Наблюдение X	Наблюдение Y	Оцененное значение Y
1	5	2	—8,6555
2	10	6	10,2082
3	16	16	24,2148
4	17	23	25,6339
5	18	28	26,7916
6	22	32	28,8069

Для X равного 3, YE равняется —18,0316
Для X, равного 4, YE равняется —13,2128
Для X, равного 5, YE равняется —8,6555
. . . .
Для X, равного 40, YE равняется — 13,9033

Для X, равного 40, YE равняется —13,9033

Все программы в этой главе имеют одинаковое построение. После операторов, обеспечивающих ввод данных в программу пользователем, следуют операторы, выполняющие следующие функции:

проведение расчетов внутри первого цикла FOR — NEXT;

осуществление непосредственного доступа к любому элементу данных с использованием индексированных переменных;

проведение расчетов средних значений;

проведение дополнительных вычислений внутри второго цикла FOR — NEXT. До начала второго цикла все данные должны быть уже введены в программу;

проведение расчетов прогнозируемых или выравненных значений YE внутри последнего цикла.

При использовании регрессионного анализа возникает проблема выбора модели, наилучшим образом представляющей совокупность данных. Необходимо «подогнать» модель под данные, а не данные под модель. Данные, если только они не подобраны специально, редко точно удовлетворяют уравнению регрессии.

6.6. ПОДБОР ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Подбор функциональной зависимости для описания наблюдаемых данных можно проводить одним из трех методов: графоаналитической обработки; стандартных погрешностей и ортогональных полиномов.

Метод графоаналитической обработки заслуживает внимания тех, кто впервые решает задачи, связанные с регрессионным анализом. Отображение скопления точек на обычном графике позволит инженеру понять, какого типа данные были собраны. Если связь между X и Y линейная, то на графике это будет хорошо видно. Возможно, в некоторых случаях потребуется изменить масштаб, чтобы удобнее расположить прямую линию на графике, например, разделить значение переменной на 10, 100 или 1000. Можно использовать различные шкалы для осей координат. Для выяснения характера данных может оказаться полезным применение логарифмической шкалы на одной или двух осях координат. Точки, нанесенные на такой график, образуют прямую линию.

Второй метод проверки предположения о виде функциональной зависимости заключается в использовании формул расчета стандартной ошибки. Этот метод называется методом стандартных ошибок. В качестве примера ниже приведены две такие формулы: стандартная погрешность для линейной регрессии

$$\sigma_{xy}=\sqrt{\frac{\Sigma y^2-b_1\,\Sigma y-b_2\,\Sigma xy}{n-df}};$$

стандартная погрешность для нелинейной регрессии

$$\sigma_{xy}=\sqrt{\frac{\Sigma y-y_e}{n-df}}.$$

Результаты вычислений по этим формулам проверяются по F-распределению. Этот раздел математической статистики носит название статистического вывода, или проверки гипотез.

Третий метод проверки предположения о том, что выбранная формула наилучшим образом описывает исходные данные, называется методом ортогональных полиномов. При проверке этим методом формируется таблица с ключевыми элементами, которые и определяют наилучший выбор. Если шкала по оси OX равномерная, ключевые элементы в таблице рассматриваются с помощью ортогональных полиномов. Если шкала неравномерная, используются другие методы. Однако этот метод рекомендуется применять только тем, кто знаком с математической статистикой.

Упражнение 6.1 (наименее трудное). Написать программу расчета числа размещений и сочетаний. Она позволит выяснить, как ваша ЭВМ рассчитывает факториалы. Ниже приведены необходимые формулы и определения. Число размещений из n элементов по r элементов в группе определяется по формуле

$$P_r^n=\frac{n!}{(n-r)!},$$

где n — общее число элементов; r — число элементов в группе. Например, если из коробки, содержащей 10 предметов, вынимают по три предмета, то

$$P_3^{10}=\frac{10!}{(10-3)!}=\frac{10\cdot9\cdot8\cdot7\cdot6\cdot5\cdot4\cdot3\cdot2\cdot1}{7\cdot6\cdot5\cdot4\cdot3\cdot2\cdot1}=720.$$

Число сочетаний из n элементов, объединенных в группы по r элементов в каждой, определяется по формуле

$$C_r^n=\frac{n!}{r!\,(n-r)!}.$$

Используя данные примера, найдем сочетания из 10 предметов по три:

$$C_3^{10}=\frac{10!}{3!\,(10-3)!}=\frac{10\cdot9\cdot8\cdot7}{3\cdot2\cdot1\cdot7!}=120.$$

Упражнение 6.2 (средней трудности). Переписать программу REG1, включив в нее формулы расчета стандартной погрешности.

Упражнение 6.3 (трудное). Написать программу, оценивающую параметры уравнения множественной регрессии для трех независимых X в одной зависимой Y переменных.

Глава 7
АНАЛИЗ ЗАТРАТ РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ

7.1. ХРОНОМЕТРИРОВАНИЕ

Изучение затрат рабочего времени традиционно считалось обязанностью инженера по организации производства. Методы хронометрирования воплотили в себе искусство и научные знания многих основоположников научного управления в Америке. Наиболее известные из них — Фредерик Тейлор, Фрэнк и Лилиан Гилберт, а из более поздних авторов — Ральф Барнес.

В последнее десятилетие колледжи и университеты разработали учебные планы и программы специально для подготовки инженеров-технологов. В них вошли многие предметы, которые традиционно изучали инженеры по организации производства. По мере расширения круга обязанностей инженера-технолога многие учебные заведения сочли необходимым разработать курсы лекций по таким дисципилинам, как изучение движений и хронометрирование, анализ рабочего времени на основе моментных наблюдений, планировка рабочих мест, перемещение материалов и др.

В колледжах и университетах подготовка по этим двум специальностям ведется по различным планам, имеющим четкое разграничение. Однако в реальных производственных условиях такое разграничение в ряде случаев стирается. Конечно, это не означает, что инженер-технолог должен стать экспертом по изучению трудовых процессов, но определенные знания в этой области у него должны быть. Хронометрирование — это только один из многих предметов, изучаемых инженером по организации производства, однако молодые инженеры, только что окончившие высшие учебные заведения, как правило, начинают свою трудовую деятельность в должности нормировщика. На многих предприятиях считают, что кратковременная работа непосредственно в цехе — это самый лучший способ познакомить молодого инженера с производством. Работа в цехе обычно связана с установлением норм времени с помощью хронометража.

Другая причина, по которой высшие учебные заведения включают этот предмет в планы подготовки инженеров-технологов, заключается в том, чтобы привить будущим инженерам качество, которое автор называет «чувством времени». Представление о времени является важной составной частью подготовки инженера и служит в дальнейшем основой для работы в области оценки затрат.

Дилемма, которая встает перед высшими учебными заведениями, занятыми обучением инженеров-технологов, заключается в том, что

они стараются подготовить инженера, способного выполнять обе функции, и в то же время избегают включать в учебные планы предметы, традиционно изучаемые инженерами по организации производства.

По этой и некоторым другим причинам в учебные планы включается только один курс, в рамках которого и изучается тема по хронометрированию трудовых процессов. Более того, этот курс охватывает и многие другие темы. В этих условиях напрашивается вопрос: «Могут ли в высшем учебном заведении научить инженера-технолога правильно проводить хронометрирование?». Ответ будет отрицательным.

При подготовке инженеров по организации производства преподавание многих дисциплин за последнее время улучшилось. Однако, мы считаем, что обучение методам хронометрирования отстает от современных требований. Перечисление проблем обучения, их краткий обзор ставят своей целью подготовить читателя к рассмотрению тех вопросов, которым посвящена эта глава.

В этой главе представлены две программы. Первая программа называется TIME и позволяет проводить запись и обработку результатов хронометража с помощью микроЭВМ. Вторая программа называется RATIO. Она может быть полезна инженеру при проведении исследований на основе выборочных наблюдений.

7.2. ПРОГРАММА TIME

Чтобы объяснить, каким образом ЭВМ можно использовать в качестве секундомера, необходимо дать некоторые пояснения о внутреннем устройстве ЭВМ. Фактически, в микроЭВМ имеется двое часов: одни — это генератор импульсов истинного времени, работающий как обычные часы, другие — это цикл FOR — NEXT. Обычные часы измеряют время в секундах и поэтому не обеспечивают необходимой точности при хронометражных наблюдениях. Цикл FOR — NEXT может иметь любую продолжительность в зависимости от того, что выполняется внутри цикла.

В программе, представленной в этой главе, именно цикл FOR — NEXT используется для измерения времени. Можно подсоединить к микроЭВМ цифровое или аналоговое устройство, которое выполняло бы функции таймера. На практике этого не делают из-за высокой стоимости такого соединения. Прежде чем рассмотреть результаты работы программы TIME, необходимо пояснить, как работает программа. Так же как и при обычном хронометраже, инженер фиксирует наименование и номер операции, значения скоростей и подач. Затем он вводит описание до 8 элементов, на которые делится операция. Как только внутренний секундомер (цикл FOR — NEXT) начинает отсчет времени, инженеру необходимо делать лишь одно — нажимать клавишу с соответствующим номером, чтобы зафиксировать конец элемента операции. ЭВМ прекращает выполнение цикла, записывает значение времени, управление вновь

передается в начало цикла, и ЭВМ начинает измерять продолжительность следующего элемента. На прерывание цикла уходит не более 20 мкс. Во время выполнения цикла происходит стробирование клавиатуры, и как только инженер касается клавиши, ЭВМ прекращает выполнение цикла. Все, кому приходилось пользоваться секундомером в процессе проведения обычных хронометрических наблюдений, представляют себе, насколько упрощается техника хронометража, если на наблюдательном листе не надо записывать показания текущего времени. Измерение затрат времени с помощью ЭВМ позволит наблюдателю сосредоточить свое внимание не на считывании показаний секундомера, а на том, что делает в данный момент рабочий. Исчезают какие-либо требования к технике хронометрирования.

Закончив хронометрирование, инженер может просмотреть на экране ЭЛТ значения отдельных замеров и исключить замеры, вызывающие сомнение, так же как это делается при обычном хронометраже.

Одним из недостатков применения ЭВМ для проведения хронометражных наблюдений является то, что наблюдатель лишен возможности делать отметку об отступлениях от нормальных условий выполнения элементов операции с помощью условных обозначений. Например: ПР — посторонние разговоры, НД — неловкие движения и т. п. Хотя ЭВМ позволяет делать такие отметки, это прерывает выполнение цикла, отсчитывающего время, и ведет к потере точности результатов наблюдений. Отмеченный недостаток имеет второстепенное значение по сравнению с теми преимуществами, которое дает применение ЭВМ

Еще одна небольшая трудность связана с установкой ЭВМ в цехе вблизи рабочего места. Для транспортирования ЭВМ вместе с дисководами, печатающим устройством и дисплеем была использована тележка размером 508 × 890 мм. Несколько слов о мерах предосторожности при работе в цехе. Чтобы избежать помех от электродвигателей, магнитных полей и статического электричества, желательно все электрические разъемы ЭВМ оснастить фильтрами и установить стабилизатор напряжения. Со стабилизатором ЭВМ можно включать в сеть напряжением 115 В. После окончания хронометража и исключения дефектных замеров инженер вводит значения коэффициента приведения к нормальному темпу работы и надбавок времени к норме. ЭВМ рассчитывает норму и печатает результаты.

Единственное, чего не может сделать ЭВМ — это воспроизвести эскиз планировки рабочего места. Правильнее было бы сказать «пока не может», так как подготовка эскиза — это следующий шаг в разработке программы. Без затрат труда на дополнительное программирование этого можно добиться, используя электронный цифратор или световое перо.

Описание программы. Применение этого метода хронометрирования обеспечивает более точные результаты, чем замеры обычным секундомером. Программа, позволяющая автоматизировать процесс

изучения затрат рабочего времени, выполняется в следующей последовательности.

1. В каждой изучаемой операции выделяется до восьми элементов.

2. На каждый элемент отводится до 25 наблюдений (это количество можно варьировать, для чего необходимо изменить размерность оператора DIM в строке 20).

3. ЭВМ начинает работать как секундомер после введения описаний всех элементов.

4. После окончания хронометрирования вводятся значения коэффициентов, учитывающих темп выполнения каждого элемента. При необходимости можно исключить дефектные замеры.

5. Вводятся значения надбавок к норме времени.

6. Вводятся значения повторяемости для каждого элемента.

7. Результаты обработок и данных хронометрирования выводятся на печатающее устройство.

Программа TIME. Программа занимает 12308 байт оперативной памяти (распечатка 7.1).

Комментарии к программе. Первые 50 строк программы содержат инструкции для пользователя и операторы, организующие ввод в программу информации, которая при традиционном методе хронометрирования обычно фиксируется в начале наблюдательного листа. Операторы в строках 360 и 370 выводят на экран подсказку пользователю о необходимости, когда это возможно, использовать сокращения в описании элементов операции. Строки 510—605 содержат бесконечный цикл FOR — NEXT, с помощью которого измеряется фактическая продолжительность отдельных замеров. По оператору INKEY$ состояние электрических цепей клавиатуры постоянно проверяется, пока не будет нажата клавиша с цифрой. Как только на-

```
1 REM PROGRAM NAME TIME
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
4 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
10 CLEAR1000
20 DIMA(25),B(25),C(25),D(25),E(25),F(25),G(25),H(25)
30 CLS
40 PRINT"THIS PROGRAM IS DESIGNED FOR THE ENGINEER"
50 PRINT"TO TAKE TIME STUDIES ON THE MICROCOMPUTER"
60 PRINT"THE PROGRAM WILL ACCEPT UP TO 7 TOTAL ELEMENTS"
65 PRINT"ELEMENT 8  CAN BE USED FOR A FOREIGN ELEMENT REGISTER"
66 PRINT"OR AS A REGULAR ELEMENT -----BUT NOT BOTH-----"
70 PRINT"AND 25 RECORDINGS FOR EACH ELEMENT."
80 PRINT"AFTER THE STUDY HAS BEEN TAKEN, RATING FACTORS ARE INPUTTED"
100 PRINT"THEN A RATE OF PRODUCTION WILL BE CALCULATED."
110 PRINT:PRINT:PRINT
120 INPUT "TYPE IN THE PART NUMBER";A$
130 INPUT"TYPE IN THE PART NAME";B$
140 INPUT"TYPE IN THE DATE 00/00/00";C$
150 INPUT"TYPE IN THE ENGINEER'S NAME";D$
170 INPUT"TYPE IN THE OPERATION DESCRIPTION";E$
180 INPUT"TYPE IN THE OPERATION NUMBER";F$
190 CLS
200 PRINT"OTHER INFORMATION"
210 INPUT"NUMBER OF MACHINES";G$
```

Распечатка 7.1

```
220 INPUT"NUMBER OF OPERATIONS";H$
270 INPUT"RPM OR STROKES PER MINUTE";J$
280 INPUT"SFPM";K$
290 INPUT"FEED PER MINUTE: REV : PER TOOTH";L$
300 INPUT"CUT: DEPTH: WIDTH: LENGTH";M$
310 INPUT"CUTTING TOOL TYPE";N$
330 CLS
340 PRINT"TYPE IN AN ELEMENT DESCRIPTION FOR EACH ELEMENT"
350 PRINT"AND LIMIT THE DESCRIPTION TO 80 CHARACTERS."
360 PRINT"USE ABBREVIATIONS WHEN POSSIBLE."
370 PRINT"EX: R.H. REACH 18: P.U. STK & LOC TO FIX"
380 INPUT"TYPE IN THE NUMBER OF ELEMENTS";N
390 FORI=1TON
395 PRINT"TYPE IN THE ELEMENT DESCRIPTION"
400 INPUTP$(I)
410 NEXTI
420 CLS:PRINT"ONCE YOU START THE TIME STUDY,"
430 PRINT"DEPRESS THE NUMBER KEY THAT COINCIDES WITH"
440 PRINT"THE COMPLETION OR BREAKPOINT OF EACH ELEMENT."
450 PRINT"EXAMPLE: 1,2,3,4,5,6,7,8"
455 PRINT"TO END THE STUDY TYPE 9."
456 PRINT"NOTE:ELEMENT 8 CAN BE USED FOR A FOREIGN ELEMENT"
457 PRINT"IF SOMETHING OCCURS DURING THE STUDY THAT LATER SHOULD"
458 PRINT"CROSSED OUT (I.E. GET DRINK-TALK-LEAVE ETC)"
459 PRINT"TYPE IN 8 . THEN LATER ENTER 1000 AS A RATING FACTOR"
460 INPUT"TO START THE INTERNAL CLOCK TYPE 1 AND ENTER WHEN READY";A
470 ONAGOTO480
480 A=0:B=0:C=0:D=0:E=0:F=0:G=0:H=0
500 CLS
510 FORI=1TO3000
520 Q$=INKEY$:IFQ$="1"THEN610
530 IFQ$="2"THEN620
540 IFQ$="3"THEN630
550 IFQ$="4"THEN640
560 IFQ$="5"THEN650
570 IFQ$="6"THEN660
580 IFQ$="7"THEN670
590 IFQ$="8"THEN680
600 IFQ$="9"THEN690
605 NEXT
610 A=A+1:A(A)=I/925:N1=N1+1:PRINT"ELEMENT 1",A,A(A):GOTO510
620 B=B+1:B(B)=I/925:N2=N2+1:PRINT"ELEMENT 2",B,B(B):GOTO510
630 C=C+1:C(C)=I/925:N3=N3+1:PRINT"ELEMENT 3",C,C(C):GOTO510
640 D=D+1:D(D)=I/925:N4=N4+1:PRINT"ELEMENT 4",D,D(D):GOTO510
650 E=E+1:E(E)=I/925:N5=N5+1:PRINT"ELEMENT 5",E,E(E):GOTO510
660 F=F+1:F(F)=I/925:N6=N6+1:PRINT"ELEMENT 6",F,F(F):GOTO510
670 G=G+1:G(G)=I/925:N7=N7+1:PRINT"ELEMENT 7",G,G(G):GOTO510
680 H=H+1:H(H)=I/925:N8=N8+1:PRINT"ELEMENT 8",H,H(H):GOTO510
690 GOTO700
700 LPRINT"END"
830 LPRINT"TIME STUDY FOR  ";A$;"   OPER NO  ";F$
840 LPRINT"PART NAME   ";B$
850 LPRINT"DATE  ";C$;"   ENGINEER   ";D$
860 LPRINT"OPERATION DESCRIPTION   ";E$
870 LPRINT"NO OF MACHINES   ";G$;"   NO OF OPERATIONS   ";H$
880 LPRINTCHR$(138)
890 LPRINT"RPM OR SPM   ";J$
895 LPRINT"SFPM ";K$
900 LPRINT"FEED PER   ";L$
910 LPRINT"CUT: DEPTH: WIDTH   ";M$
920 LPRINT"CUTTING TOOL   ";N$
930 LPRINTCHR$(138)
940 CLS:PRINT"THE NEXT SECTION IS WHERE CROSSOUTS CAN BE MADE."
950 PRINT"THE RAW DATA WILL APPEAR AT THE TOP OF THE SCREEN"
960 PRINT"AND EACH CYCLE (ONE AT A TIME) AT THE BOTTOM."
```

Распечатка 7.1 (продолжение)

```
975 PRINT"IF IT IS TO BE CROSSED OUT, TYPE 2."
980 PRINT"THE RATING FACTOR IS ALSO INPUTTED IN THIS SECTION."
990 PRINT"INPUT THE RATING FACTOR AS A DECIMAL, I.E. .90%."
1000 INPUT"TYPE 1 TO CONTINUE";Z
1010 ONZGOTO1020
1020 CLS
1030 LPRINT"ELEMENT 1"
1040 LPRINTP$(1)
1050 PRINT"ELEMENT 1"
1060 PRINTP$(1)
1070 INPUT"RATING FACTOR FOR THIS ELEMENT";R1
1080 LPRINT"RAW DATA"
1090 FORA=1TON1:A1=A1+A(A):PRINTA,A(A),:LPRINTA;A(A);:NEXTA
1095 LPRINTCHR$(138)
1100 A2=A1/N1:PRINT"SUM";A1;"AVERAGE";A2
1110 LPRINT"SUM";A1;"AVERAGE";A2
1120 FORA=1TON1
1130 PRINT@850,A,A(A)
1140 INPUT"TYPE 1 IF OK OR 2 FOR CROSSOUT";Y
1150 ONYGOTO1160,1180
1160 NEXTA
1170 GOTO1190
1180 A(A)=0:X=X+1:NEXTA
1190 A1=0:A2=0
1200 FORA=1TON1:A1=A1+A(A):NEXTA
1210 A2=(A1/(N1-X))*R1
1220 LPRINT"CORRECTED AND RATED DATA"
1230 LPRINT"RATING FOR THIS ELEMENT";R1
1240 FORA=1TON1:LPRINTA;A(A);:NEXTA
1245 LPRINTCHR$(138)
1250 LPRINT"SUM";A1;"RATED AVERAGE";A2
1255 FORI=1TO2:LPRINTCHR$(138):NEXTI
1265 IFB=0THEN1520ELSE1270
1270 CLS
1280 LPRINT"ELEMENT 2"
1290 LPRINTP$(2)
1300 PRINT"ELEMENT 2"
1310 PRINTP$(2)
1320 INPUT"RATING FOR THIS ELEMENT";R2
1330 LPRINT"RAW DATA"
1340 FORB=1TON2:B1=B1+B(B):PRINTB,B(B),:LPRINTB;B(B);:NEXTB
1345 LPRINTCHR$(138)
1350 B2=B1/N2:PRINT"SUM";B1;"AVERAGE";B2
1360 LPRINT"SUM";B1;"AVERAGE";B2
1370 FORB=1TON2
1380 PRINT@850,B,B(B)
1390 INPUT"TYPE 1 IF OK OR 2 FOR CROSSOUT";Y
1400 ONYGOTO1410,1430
1410 NEXTB
1420 GOTO1440
1430 B(B)=0:X1=X1+1:NEXTB
1440 B1=0:B2=0
1450 FORB=1TON2:B1=B1+B(B):NEXTB
1460 B2=(B1/(N2-X1))*R2
1470 LPRINT"CORRECTED AND RATED DATA"
1480 LPRINT"RATING FOR THIS ELEMENT";R2
1490 FORB=1TON2:LPRINTB;B(B);:NEXTB
1495 LPRINTCHR$(138)
1500 LPRINT"SUM";B1;"RATED AVERAGE";B2
1510 FORI=1TO2:LPRINTCHR$(138):NEXTI
1520 IFC=0THEN1780ELSE1530
1530 CLS
1540 LPRINT"ELEMENT 3"
1550 LPRINTP$(3)
1560 PRINT"ELEMENT 3"
```

Распечатка 7.1 (продолжение)

```
1570 PRINTP$(3)
1580 INPUT"RATING FOR THIS ELEMENT";R3
1590 LPRINT"RAW DATA"
1600 FORC=1TON3:C1=C1+C(C):PRINTC,C(C),:LPRINTC;C(C);:NEXTC
1610 C2=C1/N3:PRINT"SUM";C1;"AVERAGE";C2
1615 LPRINTCHR$(138)
1620 LPRINT"SUM";C1;"AVERAGE";C2
1630 FORC=1TON3
1640 PRINT@850,C,C(C)
1650 INPUT"TYPE 1 IF OK OR 2 FOR CROSSOUT";Y
1660 ONYGOTO1670,1690
1670 NEXTC
1680 GOTO1700
1690 C(C)=0:X2=X2+1:NEXTC
1700 C1=0:C2=0
1710 FORC=1TON3:C1=C1+C(C):NEXTC
1720 C2=(C1/(N3-X2))*R3
1730 LPRINT"CORRECTED AND RATED DATA"
1740 LPRINT"RATING FOR THIS ELEMENT";R3
1750 FORC=1TON3:LPRINTC;C(C);:NEXTC
1755 LPRINTCHR$(138)
1760 LPRINT"SUM";C1;"RATED AVERAGE";C2
1770 FORI=1TO2:LPRINTCHR$(138):NEXTI
1780 IFD=0THEN2040ELSE1790
1790 CLS
1800 LPRINT"ELEMENT 4"
1810 LPRINTP$(4)
1820 PRINT"ELEMENT 4"
1830 PRINTP$(4)
1840 INPUT"RATING FOR THIS ELEMENT";R4
1850 LPRINT"RAW DATA"
1860 FORD=1TON4:D1=D1+D(D):PRINTD,D(D),:LPRINTD;D(D);:NEXTD
1865 LPRINTCHR$(138)
1870 D2=D1/N4:PRINT"SUM";D1;"AVERAGE";D2
1875 LPRINTCHR$(138)
1880 LPRINT"SUM";D1;"AVERAGE";D2
1890 FORD=1TON4
1900 PRINT@850,D,D(D)
1910 INPUT"TYPE 1 IF OK OR 2 FOR CROSSOUT";Y
1920 ONYGOTO1930,1950
1930 NEXTD
1940 GOTO1960
1950 D(D)=0:X3=X3+1:NEXTD
1960 D1=0:D2=0
1970 FORD=1TON4:D1=D1+D(D):NEXTD
1980 D2=(D1/(N4-X3))*R4
1990 LPRINT"CORRECTED AND RATED DATA"
2000 LPRINT"RATING FOR THIS ELEMENT";R4
2010 FORD=1TON4:LPRINTD;D(D);:NEXTD
2015 LPRINTCHR$(138)
2020 LPRINT"SUM";D1;"RATED AVERAGE";D2
2030 FORI=1TO2:LPRINTCHR$(138):NEXTI
2040 IFE=0THEN2300ELSE2050
2050 CLS
2060 LPRINT"ELEMENT 5"
2070 LPRINTP$(5)
2080 PRINT"ELEMENT 5"
2090 PRINTP$(5)
2100 INPUT"RATING FOR THIS ELEMENT";R5
2110 LPRINT"RAW DATA"
2120 FORE=1TON5:E1=E1+E(E):PRINTE,E(E),:LPRINTE;E(E);:NEXTE
2130 E2=E1/N5:PRINT"SUM";E1;"AVERAGE";E2
2135 LPRINTCHR$(138)
2140 LPRINT"SUM";E1;"AVERAGE";E2
2150 FORE=1TON5
```

Распечатка 7.1 (продолжение)

```
2160 PRINT@850,E,E(E)
2170 INPUT"TYPE 1 IF OK OR 2 FOR CROSSOUT";Y
2180 ONYGOTO2190,2210
2190 NEXTE
2200 GOTO2220
2210 E(E)=0:X4=X4+1:NEXTE
2220 E1=0:E2=0
2230 FORE=1TON5:E1=E1+E(E):NEXTE
2240 E2=(E1/(N5-X4))*R5
2250 LPRINT"CORRECTED AND RATED DATA"
2260 LPRINT"RATING FOR THIS ELEMENT";R5
2270 FORE=1TON5:LPRINTE;E(E);:NEXTE
2275 LPRINTCHR$(138)
2280 LPRINT"SUM";E1;"AVERAGE";E2
2300 IFF=0THEN2560ELSE2310
2310 CLS
2320 LPRINT"ELEMENT6"
2330 LPRINTP$(6)
2340 PRINT"ELEMENT 6"
2350 PRINTP$(6)
2360 INPUT"RATING FOR THIS ELEMENT";R6
2370 LPRINT"RAW DATA"
2380 FORF=1TON6:F1=F1+F(F):PRINTF,F(F),:LPRINTF;F(F);:NEXTF
2390 F2=F1/N6:PRINT"SUM";F1;"AVERAGE";F2
2395 LPRINTCHR$(138)
2400 LPRINT"SUM";F1;"AVERAGE";F2
2410 FORF=1TON6
2420 PRINT@850,F,F(F)
2430 INPUT"TYPE 1 IF OK OR 2 FOR CROSSOUT";Y
2440 ONYGOTO2450,2470
2450 NEXTF
2460 GOTO2480
2470 F(F)=0:X5=X5+1:NEXTF
2480 F1=0:F2=0
2490 FORF=1TON6:F1=F1+F(F):NEXTF
2500 F2=(F1/(N6-X5))*R6
2510 LPRINT"CORRECTED AND RATED DATA"
2520 LPRINT"RATING FOR THIS ELEMENT";R6
2530 FORF=1TON6:LPRINTF;F(F);:NEXTF
2535 LPRINTCHR$(138)
2540 LPRINT"SUM";F1;"AVERAGE";F2
2550 FORI=1TO2:LPRINTCHR$(138):NEXTI
2560 IFG=0THEN2820ELSE2570
2570 CLS
2580 LPRINT"ELEMENT 7"
2590 LPRINTP$(7)
2600 PRINT"ELEMENT 7"
2610 PRINTP$(7)
2620 INPUT"RATING FOR THIS ELEMENT";R7
2630 LPRINT"RAW DATA"
2640 FORG=1TON7:G1=G1+G(G):PRINTG,G(G),:LPRINTG;G(G);:NEXTG
2650 G2=G1/N7:PRINT"SUM";G1;"AVERAGE";G2
2660 LPRINT"SUM";G1;"AVERAGE";G2
2665 LPRINTCHR$(138)
2670 FORG=1TON7
2680 PRINT@850,G,G(G)
2690 INPUT"TYPE 1 IF OK OR 2 FOR CROSSOUT";Y
2700 ONYGOTO2710,2730
2710 NEXTG
2720 GOTO2740
2730 G(G)=0:X6=X6+1:NEXTG
2740 G1=0:G2=0
2750 FORG=1TON7:G1=G1+G(G):NEXTG
2760 G2=(G1/(N7-X6))*R7
2770 LPRINT"CORRECTED AND RATED DATA"
```

Распечатка 7.1 (продолжение)

```
2780 LPRINT"RATING FOR THIS ELEMENT";R7
2790 FORG=1TON7:LPRINT@ G(G);:NEXTG
2795 LPRINTCHR$(138)
2800 LPRINT"SUM";G1;AVERAGE";G2
2810 FORI=1TO2:LPRINTCHR$(138):NEXTI
2820 IFH=0THEN3080ELSE2830
2830 CLS
2840 LPRINT"ELEMENT 8"
2850 LPRINTP$(8)
2860 PRINT"ELEMENT 8"
2870 PRINTP$(8)
2880 INPUT"RATING FOR THIS ELEMENT";R8
2890 LPRINT"RAW DATA"
2900 FORH=1TON8:H1=H1+H(H):PRINTH,H(H),:LPRINTH;H(H);:NEXTH
2910 H2=H1/N8:PRINT"SUM";H1;"AVERAGE";H2
2915 LPRINTCHR$(138)
2920 LPRINT"SUM";H1;"AVERAGE";H2
2930 FORH=1TON8
2940-PRINT@850,H,H(H)
2950 INPUT"TYPE 1 IF OK OR 2 FOR CROSSOUT";Y
2960 ONYGOTO2970,2990
2970 NEXTH
2980 GOTO3000
2990 H(H)=0:X7=X7+1:NEXTH
3000 H1=0:H2=0
3005 IFR8=1000THEN3006ELSE3010
3006 LPRINT"FORIEGN ELEMENT NOT ALLOWED":G1=0:G2=0:G3=0
3007 GOTO3070
3010 FORH=1TON8:H1=H1+H(H):NEXTH
3020 H2=(H1/(N8-X7))*R8
3030 LPRINT"CORRECTED AND RATED DATA"
3040 LPRINT"RATING FOR THIS ELEMENT";R8
3050 FORH=1TON8:LPRINTH;H(H);:NEXTH
3055 LPRINTCHR$(138)
3060 LPRINT"SUM";H1;"AVERAGE";H2
3070 FORI=1TO2:LPRINTCHR$(138):NEXTI
3080 CLS
3081 IFR8=1000THEN3082ELSE3090
3082 LPRINT"FORIEGN ELEMENT NOT ALLOWED"
3090 PRINT"PRORATING"
3100 PRINT"THE NEXT STEP IS TO PRORATE ANY OF THE ELEMENTS."
3110 PRINT"A PRORATED ELEMENT MIGHT BE LIKE AND INSPECTION ELEMENT"
3120 PRINT"WHERE THE AVERAGE ELEMENT TIME IS DIVIDED BY THE PRORATED FACTOR"
3130 PRINT"EXAMPLE: INSPECTION OF EVERY 10TH PART"
3140 PRINT
3150 PRINT"IF ANY ELEMENT IS TO BE PRORATED , TYPE IN THE ELEMENT NO."
3160 PRINT"OR IF NO ELEMENT IS PRORATED TYPE 9"
3170 PRINT"OR IF YOU ARE COMPLETED TYPE 9"
3180 INPUTW
3190 ONWGOTO3210,3230,3250,3270,3290
3200 ON W -5 GOTO 3310,3330,3350,3370
3210 INPUT"ELEMENT 1 IS PRORATED OR DIVIDED BY";Q(1)
3220 A3=A2/Q(1):GOTO3140
3230 INPUT"ELEMENT 2 IS PRORATED OR DIVIDED BY";Q(2)
3240 B3=B2/Q(2):GOTO3140
3250 INPUT"ELEMENT 3 IS PRORATED OR DIVIDED BY";Q(3)
3260 C3=C2/Q(3):GOTO3140
3270 INPUT"ELEMENT 4 IS PRORRATE OR DIVIDED BY";Q(4)
3280 D3=D2/Q(4):GOTO3140
3290 INPUT"ELEMENT 5 IS PRORATED OR DIVIDED BY";Q(5)
3300 E3=E2/Q(5):GOTO3140
3310 INPUT"ELEMENT 6 IS PRORATED OR DIVIDED BY";Q(6)
3320 F3=F2/Q(6):GOTO3140
3330 INPUT"ELEMENT 7 IS PRORATED OR DIVIDED BY";Q(7)
3340 G3=G2/Q(7):GOTO3140
```

Распечатка 7.1 (продолжение)

```
3350 INPUT"ELEMENT 8 IS PRORATED OR DIVIDED BY";Q(8)
3360 H3=H2/Q(8):GOTO3140
3370 REM PRORATION COMPLETE
3380 REM ALLOWANCES:CLS
3390 PRINT"THIS SECTION OF THE PROGRAM IS WHERE ALLOWANCES ARE INPUTTED"
3400 PRINT"TO INPUT ALLOWANCES, TYPE THE NUMBER NEXT TO THE ALLOWANCE"
3410 PRINT"PERSONAL TIME --------------1"
3420 PRINT"TOOLING ALLOWANCE ----------2"
3430 PRINT"MATERIAL HANDLING ----------3"
3440 PRINT"OTHER ----------------------4"
3445 PRINT"COMPLETED--------5"
3450 INPUTW
3460 ONWGOTO3470,3500,3530,3560,3590
3470 S$="PERSONAL TIME"
3480 PRINT"ENTER PERSONAL TIME IN MIN. PER 8 HR. SHIFT"
3490 INPUTS1:GOTO3380
3500 T$="TOOLING ALLOWANCE"
3510 PRINT"ENTER TOOLING ALLOWANCE IN MIN. PER 8 HR. SHIFT"
3520 INPUTT1:GOTO3380
3530 U$="MATERIAL HANDLING"
3540 PRINT"ENTER MATERIAL HANDLING ALLOWANCE IN MIN. PER 8 HR. SHIFT"
3550 INPUTU1:GOTO3380
3560 INPUT"TYPE IN THE NAME OF THE OTHER ALLOWANCE";V$
3570 PRINT"ENTER ";V$;" ALLOWANCE IN MIN. PER 8 HR. SHIFT"
3580 INPUTV1:GOTO3380
3590 REM END OF ALLOWANCES
3600 REM SUMMARY
3610 REM TOTAL TIME
3620 IFQ(1)=0THENZ1=Z1+A2ELSEZ1=Z1+A3
3630 IFQ(2)=0THENZ1=Z1+B2ELSEZ1=Z1+B3
3640 IFQ(3)=0THENZ1=Z1+C2ELSEZ1=Z1+C3
3650 IFQ(4)=0THENZ1=Z1+D2ELSEZ1=Z1+D3
3660 IFQ(5)=0THENZ1=Z1+E2ELSEZ1=Z1+E3
3670 IFQ(6)=0THENZ1=Z1+F2ELSEZ1=Z1+F3
3680 IFQ(7)=0THENZ1=Z1+G2ELSEZ1=Z1+G3
3690 IFQ(8)=0THENZ1=Z1+H2ELSEZ1=Z1+H3
3700 FORQ=1TO8
3710 IFQ(Q)=0THEN3730ELSE3720
3720 LPRINT"ELEMENT";Q;"IS PRORATED BY";Q(Q)
3730 NEXTQ
3740 LPRINTCHR$(138)
3750 LPRINT"TOTAL ALLOWED TIME FOR ALL ELEMENTS IS";Z1
3760 LPRINT"ALLOWANCES"
3770 LPRINTS$,S1
3780 IFT1=0THEN3800ELSE3790
3790 LPRINTT$,T1
3800 IFU1=0THEN3820ELSE3810
3810 LPRINTU$,U1
3820 IFV1=0THEN3840ELSE3830
3830 LPRINTV$,V1
3840 Z2=(480-(S1+T1+U1+V1))/Z1
3850 LPRINT"NET PRODUCTION PER SHIFT IS";Z2
3860 Z3=480-(S1+T1+U1+V1):REM NET PROD MIN
3870 Z4=(S1/Z3)*Z1:REM PERS TIME
3880 Z5=((T1+U1+V1)/Z3)*Z1:REM OTHER ALLOW
3890 Z6=Z1+Z4+Z5:REM TOTAL ALLOWED TIME
3900 Z7=60/Z6:REM NET PER HR
3910 Z8=60/Z1:REM ATTAINABLE PER HR
3920 Z9=Z6/60:REM STD HR
3930 LPRINT"TOTAL ALLOWED TIME";Z1
3940 LPRINT"TOTAL PERSONAL TIME";Z4
3950 LPRINT"TOTAL OTHER ALLOWANCES";Z5
3960 LPRINT"TOTAL ALLOWED WITH ALLOWANCES";Z6
3970 LPRINT"NET PER HR.";Z7
3980 LPRINT"ATTAINABLE PER HR.";Z8
```

Распечатка 7.1 (продолжение)

```
3990 LPRINT"STANDARD HOURS PER PC.";Z9
4000 FORI=1TO2:LPRINTCHR$(138):NEXTI
4010 LPRINT"RECAP"
4020 LPRINTCHR$(138)
4030 LPRINT"ELEMENT 1  ";P$(1)
4040 LPRINT"RATING";R1;"ALLOWED TIME";A2
4050 IFQ(1)=0THEN4070ELSE4060
4060 LPRINT"PRORATED BY";Q(1);"PRORATED TIME";A3
4070 IFB=0THEN4120ELSE4080
4080 LPRINT"ELEMENT 2  ";P$(2)
4090 LPRINT"RATING";R2;"ALLOWED TIME";B2
4100 IFQ(2)=0THEN4120ELSE4110
4110 LPRINT"PRORATED BY";Q(2);"PRORATED TIME";B3
4120 IFC=0THEN4170ELSE4130
4130 LPRINT"ELEMENT 3  ";P$(3)
4140 LPRINT"RATING";R3;"ALLOWED TIME";C2
4150 IFQ(3)=0THEN4170ELSE4160
4160 LPRINT"PRORATED BY";Q(3);"PRORATED TIME";C3
4170 IFD=0THEN4220ELSE4180
4180 LPRINT"ELEMENT 4  ";P$(4)
4190 LPRINT"RATING";R4;"ALLOWED TIME";D2
4200 IFQ(4)=0THEN4220ELSE4210
4210 LPRINT"PRORATED BY";Q(4);"PRORATED TIME";D3
4220 IFE=0THEN4270ELSE4230
4230 LPRINT"ELEMENT 5  ";P$(5)
4240 LPRINT"RATING";R5;"ALLOWED TIME";E2
4250 IFQ(5)=0THEN4270ELSE4260
4260 LPRINT"PRORATED BY";Q(5);"PRORATED TIME";E3
4270 IFF=0THEN4320ELSE4280
4280 LPRINT"ELEMENT 6  ";P$(6)
4290 LPRINT"RATING";R6;"ALLOWED TIME";F2
4300 IFQ(6)=0THEN4320ELSE4310
4310 LPRINT"PRORATED BY";Q(6);"PRORATED TIME";F3
4320 IFG=0THEN4370ELSE4330
4330 LPRINT"ELEMENT 7  ";P$(7)
4340 LPRINT"RATING";R7;"ALLOWED TIME";G2
4350 IFQ(7)=0THEN4370ELSE4360
4360 LPRINT"PRORATED BY";Q(7);"PRORATED TIME";G3
4370 IFH=0THEN4420ELSE4380
4380 LPRINT"ELEMENT 8  ";P$(8)
4381 IFR8=100OTHEN4382ELSE4390
4382 LPRINT"FOREIGN ELEMENT NOT ALLOWED"
4390 LPRINT"RATING";R8;"ALLOWED TIME";H2
4400 IFQ(8)=0THEN4420ELSE4410
4410 LPRINT"PRORATED BY";Q(8);"PRORATED TIME";H3
4420 END
```

Распечатка 7.1 (продолжение)

жимается одна из клавиш, соответствующих цифрам 1—8, цикл прерывается и управление передается на одну из строк 610—680. В этих строках имитируются циклы FOR — NEXT. Например, 610A = A + 1: A (A) = 1/925: N1 = N1 + 1: PRINT «ELEMENT 1», A, A (A): GOTO 510,
где A = A + 1 представляет собой счетчик для индексируемой переменной A (A) = 1/925. Первый раз, когда вводится сигнал об окончании элемента 1, в ячейку A (1) заносится продолжительность замера по этому элементу. В строке 610 величина 925 является константой. Одна минута делится на 925 равных частей. Значение константы может изменяться в зависимости от того, как написана программа. N1 = N1 + 1 представляет собой счетчик числа наблюдений. На экране высвечиваются слова «Элемент 1/», номер цикла и фактическое значение времени, выраженное десятичной дробью, A (A). Затем по оператору GOTO управление передается на строку 510, и возобновляется цикл отсчета времени. Ранее мы упоминали о том,

что цикл FOR — NEXT никогда не кончается, т. е. ЭВМ никогда не прочитает строку 605 NEXT. Цикл прерывается после выполнения функции INKEY$. В строке 520 установлено число повторений цикла от 1 до 3000. Поэтому при измерении даже самого продолжительного элемента потребуется 3000/925 = 3,24 мин, прежде чем будет выполнен оператор NEXT на строке 605.

После того как получены и зафиксированы данные хронометрирования, инженер делает исключения из ряда полученных чисел. Обратите внимание на строки 940—2970. Значения замеров времени отображаются в верхней части экрана, в свою очередь каждый отдельный замер появляется внизу экрана вместе с надписью «Введите 1, если все верно, и 2, если замер исключается». Прежде чем исключить из хроноряда то или иное наблюдение, инженер видит на экране весь ряд и среднюю арифметическую из полученных замеров. После этого он решает, какие значения нужно исключить.

Элемент 8 играет двойную роль. Его можно использовать как обычный элемент в операции, но можно зарезервировать для фиксации данных о посторонних элементах. В последнем случае пользователь должен ввести значение коэффициента эффективности трудовых движений, равное 1000. Это служит сигналом для ЭВМ о том, что элемент 8 надо исключить.

По определению, посторонний элемент — это элемент, который не включается в изучение затрат рабочего времени. При проведении обычного хронометража инженер осуществляет наблюдение за посторонним элементом, фиксирует его продолжительность, но не включает в дальнейшие расчеты. Элемент 8 служит для выполнения той же самой задачи.

Комментарии к примеру расчетов по программе. Поскольку это большая программа, то не было сделано никаких попыток сократить число строк. На первый взгляд, это кажется странным. В программе можно насчитать 41 цикл типа FOR — NEXT, содержащий более 60 переменных. Однако наблюдается определенное постоянство в использовании переменных. Переменные A, A (A), N1, R1, A2, A3 связаны с первым элементом, переменные B, B (B), N2, R2, B2, B3 — со вторым элементом и т. д.

Пример проведения исследования методом хронометрирования представлен в распечатке 7.2. Изучалась операция сверления и развертки на многошпиндельном сверлильном станке. По результатам работы программы инженер исключил несколько замеров после того, как закончилось хронометрирование. Рабочий отвлекался от работы и разговаривал с мастером во время хронометрирования. Эти затраты времени были зафиксированы как затраты на посторонний элемент (элемент 8) и исключены из расчетов.

На распечатке дефектные замеры для наглядности обведены. Еще одно последнее и важное примечание к этой программе: на проведение непосредственно в цехе исследования методом хронометрических наблюдений, которое включало замеры времени, исключение ошибочных замеров, приведение продолжительности элементов к

нормальному темпу работы, окончательные расчеты и печать результатов, потребовалось менее 15 мин.

Прежде чем перейти к следующей программе, рассмотрим кратко несколько соображений, связанных с техническим нормированием. Негативное отношение американских рабочих к пересмотру норм вряд ли изменится от того, что нормы будут рассчитываться на основе данных хронометрирования, полученных с помощью ЭВМ. Тем не менее использование ЭВМ для хронометража трудовых процессов может дать положительный эффект. Сегодня почти все работы, выполняемые в промышленности, в той или иной мере связаны с применением ЭВМ. В американской промышленности по-прежнему наблюдается предвзятое отношение к ЭВМ. Общий лозунг таков: если это сделано на ЭВМ, то это сделано правильно. В то время как другие эле-

```
END
TIME STUDY FOR  12345   OPER NO  20
PART NAME   HOUSING
DATE  01/01/81   ENGINEER   JEN
OPERATION DESCRIPTION   DRILL & REAM 1 - .5 INCH HOLE
NO OF MACHINES   1   NO OF OPERATIONS   1

RPM OR SPM   RPM DRILL 350 - REAM 200
SFPM 65
FEED PER   FPR DRILL .007 - REAM .012
CUT: DEPTH: WIDTH   LENGTH DRILL & REAM 1.125
CUTTING TOOL   HSS

ELEMENT 1
RH REACH 18 IN.-GRASP PART-TRANS TO JIG-LOCATE-LH HOLD-CLAMP-MOVE TO SPIN 1
RAW DATA
 1  .0897297  2  .132973  3  .111351  4  .0854054  5  .0994595  6  .147027  7  .
092973  8  .102703  9  .0951352  10  .105946  11
 .092973  12  .124324  13  .103784  14  .101622  15  .0972973

SUM 1.5827 AVERAGE .105514
CORRECTED AND RATED DATA
RATING FOR THIS ELEMENT .9
 1  .0897297  2  0  3  .111351  4  .0854054  5  .0994595  6  0  7  .092973  8  .
102703  9  .0951352  10  .105946  11  .092973  12
 .124324  13  .103784  14  .101622  15  .0972973

SUM 1.3027 RATED AVERAGE .0901871


ELEMENT 2
SPIN TO WORK-DRILL 1-.5 DIA HOLE-SPIN UP-SWING BUSHING PLATE UP
RAW DATA
 1  .08  2  .100541  3  .0789189  4  .109189  5  .118919  6  .0627027  7  .10918
9  8  .0886486  9  .12973  10  .112432  11  .112432
 12  .0832433  13  .0918919  14  .100541  15  .0983784

SUM 1.47676 AVERAGE .0984505
CORRECTED AND RATED DATA
RATING FOR THIS ELEMENT 1
 1  .08  2  .100541  3  .0789189  4  .109189  5  .118919  6  0  7  .109189  8  .
0886486  9  0  10  .112432  11  .112432  12
 .0832433  13  .0918919  14  .100541  15  .0983784

SUM 1.28432 RATED AVERAGE .0987942


ELEMENT 3
LH MOVE JIG TO SPIN 2

RAW DATA
 1  .0367568  2  .0389189  3  .052973  4  .0324324  5  .0518919  6  .0518919  7
 .0356757  8  .0508108  9  .0627027  10  .0443243
 11  .0356757  12  .0918919  13  .04  14  .0356757  15  .0367568
```

Замеры, обведенные овалом, были исключены как ошибочные

Распечатка 7.2

менты метода хронометражных наблюдений требуют пересмотра (например, субъективная оценка нормального темпа работы), применение ЭВМ для проведения хронометража трудовых процессов, безусловно, имеет свои преимущества. Главными среди них являются повышение точности замеров и упрощение техники хронометрирования. Что же касается того, будут ли трудящиеся больше доверять нормам, разработанным с помощью ЭВМ, то здесь еще нет ясности.

К распечатке 7.2.

Конец
Изучение затрат рабочего времени для детали 12 345, операция № 20
Наименование детали: корпус
Дата 01/01/81 Инженер Джен
Наименование операции: сверление и развертывание отверстий 1—0,5 дюйм
Число станков 1 Число операций 1
Режим резания: частота вращения, об/мин, сверла 350; развертки 200
Скорость резания 65
Подача: оборот сверла 0,007 — развертки 0,012
Длина резания: глубина: ширина: длина сверления и развертки 1,125
Режущий инструмент с пластинами из быстрорежущей стали
Элемент 1
Правую руку переместить на 18 дюйм — взять деталь — установить в приспособление — левой рукой зажать деталь — перенести руку к шпинделю 1

Данные хронометрирования

1	0,897297	2	0,132973	3	0,111351	4	0,0854054
5	0,994595	6	0,147027	7	0,092973	8	0,102703
9	0,951352	10	0,105946	11	0,092973	12	0,124324
13	0,103784	14	0,101622	15	0,0972973		

Сумма 1,5827 — среднее арифметическое из полученных замеров 0,105514
Скорректированные и приведенные к нормальному темпу работы данные

Коэффициент приведения к нормальному темпу работы 0,9
1 0,0897297 2 0 3 0,111351 4 0,0854054 5 0,0994595
6 0 7 0,092973 8 0,102703 9 0,0951352 10 0,105946
11 0,092973 12 0,124324 13 0,103784 14 0,101622
15 0,0972973

Сумма 1,3027 Нормальная длительность элемента операции 0,0901871
Элемент 2 и т. д.

Посторонний элемент исключается из расчетов
Элемент 6 повторяется 10 раз
Нормальная длительность всех элементов операции 0,443755
Дополнительное время
Время на отдых и естественные надобности в течение смены 24
Время на техническое обслуживание рабочего места 35
Время на перемещение заготовки 15
Время на смазывание и чистку станка 5
Норма выработки за смену 903,652
Норма оперативного времени 0,443755
Норма времени на личные надобности 0,0265589
Норма времени на обслуживание рабочего места 0,0608642
Норма штучного времени 0,531178
Норма выработки в 1 ч 112,956
Максимально возможная выработка за 1 ч 135,21
Норма штучного времени, ч, 8,85297E—03

Распечатка 7.2 (продолжение)

```
SUM .698379 AVERAGE .0465586
CORRECTED AND RATED DATA
RATING FOR THIS ELEMENT .85
 1  .0367568  2  .0389189  3  .052973  4  .0324324  5  .0518919  6  .0518919  7
 .0356757  8  .0508108  9  0  10  .0443243  11
 .0356757  12  0  13  .04  14  .0356757  15  .0367568

SUM .543784 RATED AVERAGE .0355551


ELEMENT 4
SPIN TO WORK-REAM 1-.5 HOLE-SPIN UP-MOVE TO UNLOAD
RAW DATA
 1  .103784  2  .124324  3  .114595  4  .104865  5  .0918919  6  .163243  7  .07
78378  8  .0908108  9  .0940541  10  .11027  11
 .0994595  12  .0972973  13  .0886486  14  .11027  15  .0778378

SUM 1.54919 AVERAGE .103279
CORRECTED AND RATED DATA
RATING FOR THIS ELEMENT .95
 1  .103784  2  .124324  3  .114595  4  .104865  5  .0918919  6  0  7  0  8  .09
08108  9  .0940541  10  .11027  11  .0994595  12
 .0972973  13  .0886486  14  .11027  15  0

SUM 1.23027 RATED AVERAGE .0973964


ELEMENT 5
LH HOLD-RH LOOSE CLAMP-RH REMOVE PART-DISP 18 IN TO REAR
RAW DATA
 1  .0940541  2  .0810811  3  .118919  4  .0908108  5  .145946  6  .0886486  7
 .113514  8  .0994595  9  .112432  10  .0864865  11
 .0821622  12  .114595  13  .113514  14  .0854054  15  .108108

SUM 1.53514 AVERAGE .102342
CORRECTED AND RATED DATA
RATING FOR THIS ELEMENT 1
 1  .0940541  2  .0810811  3  .118919  4  .0908108  5  0  6  .0886486  7  .11351
4  8  .0994595  9  .112432  10  .0864865  11
 .0821622  12  .114595  13  .113514  14  .0854054  15  .108108

SUM 1.38919 AVERAGE .0992278
ELEMENT6
INSPECT PART WITH PLUG GAGE-EVERY 10 PARTS
RAW DATA
 1  .219459  2  .232432

SUM .451892 AVERAGE .225946
CORRECTED AND RATED DATA
RATING FOR THIS ELEMENT 1
 1  .219459  2  .232432

SUM .451892 AVERAGE .225946


ELEMENT 8
RAW DATA
 1  .555676

SUM .555676 AVERAGE .555676  <——— Рабочий разговаривал с мастером
FOREIGN ELEMENT NOT ALLOWED
```

Распечатка 7.2 (продолжение)

Можно представить себе другую ситуацию. Предположим, что хронометраж с помощью ЭВМ не найдет широкого распространения в промышленности. На многих предприятиях все еще сохраняется практика, когда хронометрирование работ, по которым возникают трудовые споры поручается представителю профсоюза. Предположим также, что на предприятиях при проведении хронометражных наблюдений по-прежнему пользуются секундомером, а профсоюзные нормировщики применяют ЭВМ. Что в этом особенного?

```
FOREIGN ELEMENT NOT ALLOWED
ELEMENT 6 IS PRORATED BY 10

TOTAL ALLOWED TIME FOR ALL ELEMENTS IS .443755
ALLOWANCES
PERSONAL TIME    24
TOOLING ALLOWANCE                  35
MATERIAL HANDLING                  15
CLEAN UP        5
NET PRODUCTION PER SHIFT IS 903.652
TOTAL ALLOWED TIME .443755
TOTAL PERSONAL TIME .0265589
TOTAL OTHER ALLOWANCES .0608642
TOTAL ALLOWED WITH ALLOWANCES .531178
NET PER HR. 112.956
ATTAINABLE PER HR. 135.21
STANDARD HOURS PER PC. 8.85297E-03
```

```
RECAP

ELEMENT 1  RH REACH 18 IN.-GRASP PART-TRANS TO JIG-LOCATE-LH HOLD-CLAMP-MOVE TO
SPIN 1
RATING .9 ALLOWED TIME .0901871
ELEMENT 2  SPIN TO WORK-DRILL 1-.5 DIA HOLE-SPIN UP-SWING BUSHING PLATE UP
RATING 1 ALLOWED TIME .0987942
ELEMENT 3  LH MOVE JIG TO SPIN 2
RATING .85 ALLOWED TIME .0355551
ELEMENT 4  SPIN TO WORK-REAM 1-.5 HOLE-SPIN UP-MOVE TO UNLOAD
RATING .95 ALLOWED TIME .0973964
ELEMENT 5  LH HOLD-RH LOOSE CLAMP-RH REMOVE PART-DISP 18 IN TO REAR
RATING 1 ALLOWED TIME .0992278
ELEMENT 6  INSPECT PART WITH PLUG GAGE-EVERY 10 PARTS
RATING 1 ALLOWED TIME .225946
PRORATED BY 10 PRORATED TIME .0225946
ELEMENT 8
FOREIGN ELEMENT NOT ALLOWED
RATING 1000 ALLOWED TIME 0
```

Распечатка 7.2

7.3. МЕТОД МОМЕНТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Метод моментных наблюдений разработан впервые в начале 40-х годов. Тогда этот проблемно-ориентированный метод носил название «метод определения доли перерывов». В основе его лежит определение соотношения между временем работы и временем перерывов (простоев). Предполагается, что если точно определить это отношение, его можно улучшить, совершенствуя организацию труда в бригаде, подразделении. С течением времени этот метод начали использовать и при решении других задач.

Например, если в цехе имеется токарный участок и контроль деталей осуществляют сами станочники, то можно определить, сколько времени затрачивается на участке на контроль деталей и как сократить эти затраты времени, если они значительны.

Затраты времени на контроль деталей на участке определяются методом моментных наблюдений. Инженер, которому поручено решить эту задачу, может выделить в составе работ, выполняемых на участке, различные элементы затрат рабочего времени. Например,

7.1. Стандартное отклонение

Число единиц σ	Доверительная вероятность, %
±1	68
±1,64	90
±2	95,45
±3	99,73

рабочий — оператор 1) закрепляет деталь; 2) обрабатывает деталь; 3) снимает деталь; 4) перемещает деталь; 5) контролирует деталь; 6) не работает (или отсутствует на рабочем месте); 7) выполняет прочую работу.

Выборочные наблюдения, проведенные в начале некоторого периода времени, позволяют выявить затраты времени (в процентах) на эти операции для каждого рабочего, занятого на участке. По результатам исследования определяется, можно ли улучшить общие результаты работы, если провести обучение передовым методом труда и сократить время, затрачиваемое на контроль деталей, увеличив при этом время обработки.

Метод моментных наблюдений широко применяется для решения различных практических задач, например:

при определении удельного веса различных работ (печатанье на машинке, ведение дел и карточек, заполнение документов и т. д.) в общем балансе рабочего времени конторских служащих с целью разработки шкалы заработной платы, соответствующей выполняемым задачам;

при определении показателей эффективности труда работников отдела сбыта. Этот показатель может зависеть от того, сколько времени работник теряет на выполнение различных операций по сбыту продукции и какое количество ящиков или пакетов отгружается потребителям и др.

Приведенные примеры являются просто небольшой выборкой. В действительности метод моментных наблюдений представляет собой один из наиболее эффективных методов, с помощью которых можно собрать точную информацию о затратах рабочего времени, загруженности работников и оборудовании. Те, кто не знаком с методом моментных наблюдений, могут найти много хороших книг на эту тему, например [7.1—7.3].

Прежде чем выяснить, что можно поручить микроЭВМ при проведении исследований на основе выборочных наблюдений, рассмотрим несколько математических формул. Необходимо определить, с какой точностью следует проводить исследование. Точность может быть абсолютной или относительной.

Например, если удельный вес отдельного вида затрат рабочего времени составляет 25 %, относительная точность результатов наблюдения ±10 % обеспечивает абсолютную точность $(0,25) \times (0,10) = \pm 0,025$. Другими словами, удельный вес затрат рабочего времени, связанных с выполнением изучаемой работы, составит в общем балансе рабочего времени 22,5—27,5 %, или в среднем 25 %. Определим вероятность того, что погрешность не выйдет за эти пределы. Доверительная вероятность определяется площадью под кривой рас-

пределения и связана с числом единиц σ. Доверительной вероятности 90 % соответствует интервал $\pm$ 1,64 σ. В табл. 7.1 приведена зависимость между числом единиц σ, или средним квадратическим отклонением, и доверительной вероятностью.

Требуемая точность и доверительная вероятность определяются количеством наблюдений. Чем больше число наблюдений, тем меньше погрешность и выше доверительная вероятность. Существует определенное противоречие между стоимостью исследования на основе большого числа наблюдений и небольшим повышением точности и доверительной вероятности. Чтобы его разрешить, нужно до начала исследования определить необходимую точность результатов наблюдения.

При выборочных наблюдениях используются следующие формулы:

для расчета стандартного отклонения

$$S = \sqrt{\frac{P(1-P)}{N}},$$

для расчета требуемой точности

$$A = U\sqrt{\frac{P(1-P)}{N}}.$$

Например, по первым 100 наблюдениям удельный вес перерывов в работе составляет 25 %, тогда

$$S = \sqrt{\frac{0,25 \cdot 0,75}{100}} = 0,0433;$$

$$A = 2\sqrt{\frac{0,25 \cdot 0,75}{100}} = 0,0866.$$

Время перерывов составляет (25 $\pm$ 8,66) % с вероятностью 95,45 %.

Число наблюдений, при котором относительная погрешность наблюдения $R \leqslant \pm$ 2,5 % или 2σ, с вероятностью 95,45 % определяются по формуле

$$N = \left(\frac{U}{R}\right)^2 \left(\frac{1-P}{P}\right),$$

где U — число единиц σ; тогда

$$N = \left(\frac{2}{0,025}\right)^2 \frac{0,75}{0,25} = 19,200.$$

Исследования затрат рабочего времени на основе выборочных наблюдений могут потребовать проведения большого числа наблюдений, которые должны проводиться с произвольными интервалами.

Существуют два подхода к написанию программ для ЭВМ, которые могут оказать инженеру помощь в проведении исследования.

Можно создать «файловую систему» и использовать стандартную программу обработки последовательных файлов или файлов прямого доступа. В этом случае итоги наблюдений за каждый день вводятся в ЭВМ, а затем записываются в файл, размещаемый на магнитном диске. Если мы хотим по стандартной программе обрабатывать результаты многих различных исследований, то потребуются большие затраты труда, чтобы приспособить ее к требованиям системы (см. примеры обработки файлов в гл. 9).

При другом подходе данные вводятся в программу посредством операторов DATA. Этот способ менее удобен, но позволяет реализовать те же цели, что и файловая система, без дополнительных затрат труда на программирование. Примером может служить программа RATIO, в которой используются операторы DATA для ввода результатов наблюдений за каждый день. Чтобы скорректировать программу, необходимо ежедневно изменять одну строку в программе и добавлять еще одну строку. После корректировки на печать выводятся итоги за все дни, данные о достигнутой точности результатов наблюдений и количестве наблюдений, необходимых для завершения исследования.

При проведении исследований на основе выборочных наблюдений весьма трудоемким является составление таблиц случайно отобранных моментов времени, в которые будут проводиться наблюдения. Существует несколько стандартных способов составления таких таблиц: использование таблиц случайных чисел; использование местных телефонных справочников. В последнем случае берут серию последовательных номеров телефонов и располагают их в виде таблицы, которую и используют для проведения наблюдений на следующий день.

Программа RATIO генерирует значения случайно отобранных моментов времени и печатает наблюдательный лист фотографии рабочего времени на следующий день с указанием времени начала обхода.

7.4. ПРОГРАММА RATIO

Программа занимает 5377 байт памяти (распечатка 7.3) и состоит из трех модулей, выполняющих следующие функции: печать наблюдательного листа фотографии рабочего времени; ввод результатов наблюдений за каждый день; печать результатов.

Исследование конкретной ситуации. При анализе затрат рабочего времени в общем балансе рабочего времени четырех конторских служащих можно выделить следующие элементы: 1) печатание на машинке; 2) разговор по телефону; 3) работа с папками или картотеками; 4) работа с документами; 5) отсутствие на рабочем месте; 6) посторонние занятия.

Предположим, что исследование ведется уже четыре дня; результаты наблюдений за последний день приведены в табл. 7.2.

7.2. Фотография рабочего для четырех служащих, проведенная методом моментных наблюдений

Элемент затрат рабочего времени	Число случаев повторения
Печатание на машинке	56
Разговор по телефону	35
Работа с папками или картотеками	28
Работа с документами	24
Отсутствие на рабочем месте	15
Посторонние занятия	21

Число случаев повторения отдельных элементов затрат вводится в программу с помощью оператора DATA:

Строка 2110 DATA 56, 35, 28, 24, 15, 21

Дополнительно корректируется строка 2070: вместо

Строка 2070 DATA 3

записывается

Строка 2070 DATA 4

После ввода данных в программу инженер набирает на клавиатуре RUN 600, и ЭВМ выводит на печать результаты анализа с указанием даты его проведения 01/01/81.

```
1 REM FROGRAM NAME RATIO
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM COMFUTER AFFLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
4 REM COFYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
10 CLS:CLEAR500
20 FRINT"THIS FROGRAM CALCULATES WORK SAMFLING RATIOS"
30 FRINT"THE FROGRAM IS DEVELOFED IN 3 FARTS"
40 FRINT"FART 1 GENERATES A WORK SHEET WITH RANDOM TIMES BETWEEN 8 & 5FM"
50 FRINT"THIS WORK SHEET CAN BE USED TO RECORD SAMFLINGS OF THE STUDY"
60 FRINT"FART 2 SETS UF THE STUDY HEADINGS IN THE FORM OF DATA STATEMENTS"
65 FRINT"IF THE WORK SHEET HAS NOT BEEN SET UF , USE FART 2"
70 FRINT"FART 3 FERMITS THE USER TO INFUT EACH DAYS RANDOM SAMFLES AND"
80 FRINT"CALCULATES THE TOTALS AND FERCENTAGES"
90 FRINT"TYFE IN THE MODULE YOU WISH TO WORK WITH"
100 INFUTX
110 ONXGOTO120,2000,500
120 RANDOM
130 DIMC(1200)
140 INFUT"TYFE IN THE NAME OF THE STUDY";X$
150 LFRINTCHR$(27);CHR$(14);X$
160 LFRINTCHR$(138)
170 READA
180 LFRINT"WORK SAMFLING WORK SHEET"
185 LFRINTCHR$(138)
190 INFUT"TYFE IN TODAYS DATE";A$
200 LFRINT"DATE  ";A$
210 FORI=1TOA
220 READB$
230 LFRINTTAB(10);B$;"---";
240 NEXTI
245 LFRINTCHR$(138)
250 FORI=800TO1200STEFB
260 A=RND(35)
270 C(I)=I+B
280 IFC(I)=800THEN330
290 IFC(I)>1200THEN346
300 X=INT(C(I)/100):Y=((C(I)/100)-X)*60:Z=INT(Y)
```

Распечатка 7.3

```
310 IFX>12THEN346
320 LPRINTX;":";Z
330 B=B+A
340 NEXTI
346 DIMD(2000)
347 LPRINTCHR$(138)
350 FORI=100TO500STEPD
360 C=RND(35)
365 D(I)=D+I
370 IFD(I)=500THEN420
375 IFD(I)=100THEN400
380 X=INT(D(I)/100):Y=((D(I)/100)-X)*60:Z=INT(Y)
390 IFX=5THEN420
395 LPRINTX;":";Z
400 D=D+C
410 NEXTI
420 END
500 REM EACH DAYS ENTRY AND CALCULATION:CLS
501 CLS
510 PRINT"AFTER EACH DAYS RECORDINGS THE SUMMARY IS ENTERED AS DATA"
520 PRINT"TO ENTER DATA--BREAK--LIST--ENTER DATA--RE-RUN LINE 600"
530 PRINT"LINE 2070 SHOULD CONTAIN THE NUMBER OF DAYS DATA"
540 PRINT"LINE 2080 ETC SHOULD CONTAIN A SUMMARY OF RECORDINGS    FOR THAT DAY"
550 PRINT"RECORDINGS SHOULD BE ENTERED IN THE SAME ORDER AS HEADINGS"
560 PRINT"EXP: DATA LOAD,PROCESS,UNLOAD"
570 PRINT"ENP: DATA 15,23,10
580 STOP
600 READA
610 FORI=1TOA
620 READE$(I)
630 NEXTI
640 READN
650 FORI=1TON
660 FORJ=1TOA
670 READT(I,J)
680 NEXTJ
690 NEXTI
700 FORI=1TON
710 FORJ=1TOA
720 T1=T1+T(I,J)
730 IFJ=1THENT2=T2+T(I,J)
740 IFJ=2THENT3=T3+T(I,J)
750 IFJ=3THENT4=T4+T(I,J)
760 IFJ=4THENT5=T5+T(I,J)
770 IFJ=5THENT6=T6+T(I,J)
780 IFJ=6THENT7=T7+T(I,J)
790 IFJ=7THENT8=T8+T(I,J)
800 IFJ=8THENT9=T9+T(I,J)
810 NEXTJ
820 NEXTI
830 CLS
831 PRINT"CONFIDENCE LIMITS ARE EXPRESSED IN UNITS OF SIGMA"
832 PRINT"68 %CONFIDENCE =1-----90 % CONDIDENCE =1.64"
833 PRINT"95 % CONFIDENCE =1.96-----95.45 % CONDIDENCE = 2"
834 PRINT"AND 99.73 % CONFIDENCE IS EQUAL TO 3 SIGMA"
840 INPUT"TYPE IN THE SIGMA EQUAL TO THE CONFIDENCE REQUIRED";G
850 PRINT"TYPE IN THE ABSOLUTE ACCURACY REQUIRED IN DECIMAL FORM"
860 INPUTK
861 INPUT"TYPE IN THE NAME OF THE STUDY";X$
862 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);X$
863 LPRINTCHR$(138)
864 LPRINT"SUMMARY"
865 LPRINTCHR$(138)
866 INPUT"ENTER TODAYS DATE";A$
867 LPRINT,,,A$
```

Распечатка 7.3 (продолжение)

```
870 P2=T2/T1:Q2=G*(SQR((P2*(1-P2))/T1)):N2=((G[2)*(P2*(1-P2)))/(K[2)
880 LPRINT"ITEM  ";B$(1)
890 LPRINT"PERCENT FOR THIS ELEMENT IS";P2
900 LPRINT"ABSOLUTE ACCURACY NOW IS";Q2;"OR THE RANGE IS";P2;"+ OR -";Q2
910 LPRINT"THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE";K;"PERCENT ACCURACY AT";G;"SIGMA
 IS";INT(N2)
920 P3=T3/T1:Q3=G*(SQR((P3*(1-P3))/T1)):N3=((G[2)*(P3*(1-P3)))/(K[2)
930 LPRINTCHR$(138)
940 LPRINT"ITEM  ";B$(2)
950 LPRINT"PERCENT FOR THIS ELEMENT IS";P3
960 LPRINT"ABSOLUTE ACCURACY NOW IS";Q3;"OR THE RANGE IS";P3;"+ OR -";Q3
970 LPRINT"THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE ";K;" PERCENT ACCURACY AT";G;"SIG
MA IS";INT(N3)
980 IFT4=0THEN1400
990 P4=T4/T1:Q4=G*(SQR((P4*(1-P4))/T1)):N4=((G[2)*(P4*(1-P4)))/(K[2)
1000 LPRINTCHR$(138)
1010 LPRINT"ITEM  ";B$(3)
1020 LPRINT"PERCENT FOR THIS ELEMENT IS";P4
1030 LPRINT"ABSOLUTE ACCURACY NOW IS";Q4;"OR THE RANGE IS";P4;"+ OR -";Q4
1040 LPRINT"THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE";K;"PERCENT ACCURACY AT";G;"SIGM
A IS";INT(N4)
1050 IFT5=0THEN1400
1060 P5=T5/T1:Q5=G*(SQR((P5*(1-P5))/T1)):N5=((G[2)*(P5*(1-P5)))/(K[2)
1070 LPRINTCHR$(138)
1080 LPRINT"ITEM  ";B$(4)
1090 LPRINT"PERCENT FOR THIS ELEMENT IS";P5
1100 LPRINT"ABSOLUTE ACCURACY NOW IS";Q5;"OR THE RANGE IS";P5;"+ OR -";Q5
1110 LPRINT"THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE";K;"PERCENT ACCURACY AT";G;"SIGM
A IS";INT(N5)
1120 IFT6=0THEN1400
1130 P6=T6/T1:Q6=G*(SQR((P6*(1-P6))/T1)):N6=((G[2)*(P6*(1-P6)))/(K[2)
1140 LPRINTCHR$(138)
1150 LPRINT"ITEM  ";B$(5)
1160 LPRINT"PERCENT FOR THIS ELEMENT IS";P6
1170 LPRINT"ABSOLUTE ACCURACY NOW IS";Q6;"OR THE RANGE IS";P6;"+ OR -";Q6
1180 LPRINT"THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE";K;"PERCENT ACCURACY AT";G;"SIGM
A IS";INT(N6)
1190 IFT7=0THEN1400
1200 P7=T7/T1:Q7=G*(SQR((P7*(1-P7))/T1)):N7=((G[2)*(P7*(1-P7)))/(K[2)
1210 LPRINTCHR$(138)
1220 LPRINT"ITEM  ";B$(6)
1230 LPRINT"PERCENT FOR THIS ELEMENT IS";P7
1240 LPRINT"ABSOLUTE ACCURACY NOW IS";Q7;"OR THE RANGE IS";P7;"+ OR -";Q7
1250 LPRINT"THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE";K;"PERCENT ACCURACY AT";G;"SIGM
A IS";INT(N7)
1260 IFT8=0THEN1400
1270 P8=T8/T1:Q8=G*(SQR((P8*(1-P8))/T1)):N8=((G[2)*(P8*(1-P8)))/(K[2)
1280 LPRINTCHR$(138)
1290 LPRINT"ITEM  ";B$(7)
1300 LPRINT"PERCENT FOR THIS ELEMENT IS";P8
1310 LPRINT"ABSOLUTE ACCURACY NOW IS";Q8;"OR THE RANGE IS";P8;"+ OR -";Q8
1320 LPRINT"THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE";K;"PERCENT ACCURACY AT";G;"SIGM
A IS";INT(N8)
1330 IFT9=0THEN1400
1340 P9=T9/T1:Q9=G*(SQR((P9*(1-P9))/T1)):N9=((G[2)*(P9*(1-P9)))/(K[2)
1350 LPRINTCHR$(138)
1360 LPRINT"ITEM  ";B$(8)
1370 LPRINT"PERCENT FOR THIS ELEMENT IS";P9
1380 LPRINT"ABSOLUTE ACCURACY NOW IS";Q9;"OR THE RANGE IS";P9;"+ OR -";Q9
1390 LPRINT"THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE";K;"PERCENT ACCURACY AT";G;"SIGM
A IS";INT(N9)
1400 LPRINTCHR$(138)
1410 LPRINT"TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS TO DATE ARE";T1
1420 END
2000 CLS:PRINT"HEADINGS MUST BE ENTERED AS DATA STATEMENTS"
```

Распечатка 7.3 (продолжение)

```
2010 PRINT"START BY TYPING THE NUMBER OF HEADINGS AS DATA EXAMPLE"
2015 PRINT"LINE 2050 DATA 5"
2020 PRINT"THEN ENTER AND TYPE IN EACH HEADING NAME IN THE NEXT LINE"
2025 PRINT"EXAMPLE LINE 2060 DATA TYPE,FILE,"
2030 PRINT"WHEN COMPLETE RE-RUN THE PROGRAM"
2040 PRINT"SAVE THE PROGRAM WHEN COMPLETE"
2050 DATA6
2060 DATA"TYPE","PHONE","FILE","WRITE","AWAY","IDLE"
2070 DATA5
2080 DATA60,40,24,20,10,30
2090 DATA56,56,28,20,10,34
2100 DATA76,40,20,16,20,20
2110 DATA56,35,28,24,15,21
2120 DATA56,45,20,23,19,17
```

Распечатка 7.3 (продолжение)

В распечатке 7.4 приведены средняя загруженность работника данным видом работы, %; абсолютная погрешность результатов наблюдения; число наблюдений, необходимое для обеспечения заданной степени точности ±3,5 % при доверительной вероятности, соответствующей интервалу 3 σ.

Число моментных наблюдений равно 759. В то же время для обеспечения заданной точности результатов наблюдения по элементу «печатание на машинке» необходимо провести 1616 наблюдений.

В начале пятого дня инженер, проводящий исследование, вводит в ЭВМ программу и подготовляет наблюдательный лист на этот день (см. лист с пометкой «День 5»). В наблюдательном листе указано время начала всех обходов, планируемых на пятый день и отобранных произвольным образом. После завершения наблюдений за пятый день ввода их итогов в программу на печать выводятся очередные результаты анализа (см. результаты, датированные 01/01/81) к этому времени. Инженер провел 939 наблюдений, и значения анализируемых факторов несколько изменились. Исследование продолжается до достижения заданного числа наблюдений.

Изучение затрат рабочего времени четырех служащих

Результаты наблюдений

01/01/81

Элемент затрат: печатание на машинке
Удельный вес загруженности работника данным видом работы 0,326746
Абсолютная погрешность наблюдения 0,0510734 означает, что удельный вес затрат лежит в пределах 0,326746+или—0,0510734
Число наблюдений, необходимое для обеспечения заданной точности 0,035 при доверительном интервале 3 сигма, 1616
Элемент затрат: переговоры по телефону
Удельный вес загруженности работника данным видом работы 0,225296
Абсолютная погрешность наблюдения 0,0454931 означает, что удельный вес затрат лежит в пределах 0,225296 + или — 0,045931
Число наблюдений, необходимое для обеспечения заданной точности 0,035 при доверительном интервале 3 сигма, 1282
Элемент затрат: работа с папками или картотеками
Удельный вес загруженности работника данным видом работ 0,131752
Абсолютная погрешность наблюдения 0,03683 означает, что удельный вес за-

трат лежит в пределах 0,131752 + или — 0,03683
Число наблюдений, необходимое для обеспечения заданной точности 0,035 при доверительном интервале 3 сигма, 840
Элемент затрат: внесение записей в документы
Удельный вес загруженности работника данным видом работы 0,105402
Абсолютная погрешность наблюдения 0,0334379 означает, что удельный вес затрат лежит в пределах 0,105402 + или — 0,0334379
Число наблюдений, необходимое для обеспечения заданной точности 0,035 при доверительном интервале 3 сигма, 692
Элемент затрат: отсутствие на рабочем месте
Удельный вес загруженности работника данным видом работы 0,0724638
Абсолютная погрешность наблюдения 0,028231 означает, что удельный вес затрат лежит в пределах 0,0724638 + или — 0,028231
Число наблюдений, необходимое для обеспечения заданной точности при 0,035 при доверительном интервале 3 сигма, 493
Элемент затрат: посторонние занятия
Удельный вес загруженности работника данным видом работы 0,13834
Абсолютная погрешность наблюдения 0,037596 означает, что удельный вес затрат лежит в пределах 0,13834 + или — 0,037596

Число наблюдений, необходимое для обеспечения заданной точности 0,035 при доверительном интервале 3 сигма, 875

Всего проведено наблюдений 759

К распечатке 7.4.

```
OFFICE STUDY 4 CLERKS

SUMMARY

                                                        01/01/81
ITEM  TYPE
PERCENT FOR THIS ELEMENT IS .326746
ABSOLUTE ACCURACY NOW IS .0510734 OR THE RANGE IS .326746 + OR - .0510734
THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE .035 PERCENT ACCURACY AT 3 SIGMA IS 1616

ITEM  PHONE
PERCENT FOR THIS ELEMENT IS .225296
ABSOLUTE ACCURACY NOW IS .0454931 OR THE RANGE IS .225296 + OR - .0454931
THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE  .035  PERCENT ACCURACY AT 3 SIGMA IS 1282

ITEM  FILE
PERCENT FOR THIS ELEMENT IS .131752
ABSOLUTE ACCURACY NOW IS .03683 OR THE RANGE IS .131752 + OR - .03683
THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE .035 PERCENT ACCURACY AT 3 SIGMA IS 840

ITEM  WRITE
PERCENT FOR THIS ELEMENT IS .105402
ABSOLUTE ACCURACY NOW IS .0334379 OR THE RANGE IS .105402 + OR - .0334379
THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE .035 PERCENT ACCURACY AT 3 SIGMA IS 692

ITEM  AWAY
PERCENT FOR THIS ELEMENT IS .0724638
ABSOLUTE ACCURACY NOW IS .028231 OR THE RANGE IS .0724638 + OR - .028231
THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE .035 PERCENT ACCURACY AT 3 SIGMA IS 493

ITEM  IDLE
PERCENT FOR THIS ELEMENT IS .13834
ABSOLUTE ACCURACY NOW IS .037596 OR THE RANGE IS .13834 + OR - .037596
THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE .035 PERCENT ACCURACY AT 3 SIGMA IS 875

TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS TO DATE ARE 759
```

Распечатка 7.4 (продолжение)

OFFICE STUDY 4 CLERKS

WORK SAMPLING WORK SHEET *Day 5*

DATE 01/01/81

	TYPE	PHONE	FILE	WRITE	AWAY	IDLE
8 : 1						////
8 : 20	/	/	/	/		
8 : 27	/		/	/	/	
8 : 38	/	//			/	
8 : 52		/	//	/		
9 : 0	/		/		/	/
9 : 20	//	//				
9 : 33	///	/				
9 : 38	//		/			/
9 : 55	//	/		/		
10 : 2	/	/	/	/		
10 : 11	//	/		/		
10 : 16	/	/			//	
10 : 24	/	//	/	/		
10 : 31	/	//	/			
10 : 33	//				/	/
10 : 45	//	/	/			
10 : 55	/	//		/	/	
11 : 4	/	//	/			/
11 : 16	//	/		/		
11 : 19	/	//		/	/	
11 : 37	//	/				/
11 : 55	/				//	/
1 : 15			/		/	//
1 : 34	/	//		/		
1 : 39	//	/				/
1 : 51	/	//	/	/		
2 : 4	/	/	/	/		
2 : 15	/	/	/	/		
2 : 32	//			/	/	
2 : 53	//			/		/
3 : 8	/	//	/	/		
3 : 16	/	//			/	/
3 : 20	//	//				
3 : 38	/	/	/	/		
3 : 49	/		/	/	/	
4 : 1	//	/			/	/
4 : 21	//			/	/	
4 : 27	//	/			/	
4 : 38	/	/	/	/		
4 : 49	/	/		/	/	
4 : 51	/	//	/			
4 : 56		/		/	/	/
TOTAL	56	45	20	23	19	17

Изучение затрат рабочего времени четырех служащих

Метод моментных наблюдений Наблюдательный лист

Дата 01/01/81

	Печатает	телефон	папки	пишет	отсутствует	не работает
8:1						VVVV
8:20	V	V	V	V		
8:27	V		V	V		
8:38	V	VV			V	
8:62	V	V	VV	V	V	
...						
4:51	V	VV	V			
4:56		V		V	V	V
Всего	56	45	20	23	19	17

Распечатка 7.4 (продолжение)

```
OFFICE STUDY 4 CLERKS

SUMMARY

                                                        01/02/81
ITEM  TYPE
PERCENT FOR THIS ELEMENT IS .323749
ABSOLUTE ACCURACY NOW IS .0458086 OR THE RANGE IS .323749 + OR - .0458086
THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE .035 PERCENT ACCURACY AT 3 SIGMA IS 1608



ITEM  PHONE
PERCENT FOR THIS ELEMENT IS .230032
ABSOLUTE ACCURACY NOW IS .0412021 OR THE RANGE IS .230032 + OR - .0412021
THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE  .035  PERCENT ACCURACY AT 3 SIGMA IS 1301

ITEM  FILE
PERCENT FOR THIS ELEMENT IS .127796
ABSOLUTE ACCURACY NOW IS .0326855 OR THE RANGE IS .127796 + OR - .0326855
THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE .035 PERCENT ACCURACY AT 3 SIGMA IS 818

ITEM  WRITE
PERCENT FOR THIS ELEMENT IS .109691
ABSOLUTE ACCURACY NOW IS .0305946 OR THE RANGE IS .109691 + OR - .0305946
THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE .035 PERCENT ACCURACY AT 3 SIGMA IS 717

ITEM  AWAY
PERCENT FOR THIS ELEMENT IS .0788073
ABSOLUTE ACCURACY NOW IS .0263783 OR THE RANGE IS .0788073 + OR - .0263783
THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE .035 PERCENT ACCURACY AT 3 SIGMA IS 533

ITEM  IDLE
PERCENT FOR THIS ELEMENT IS .129925
ABSOLUTE ACCURACY NOW IS .0329165 OR THE RANGE IS .129925 + OR - .0329165
THE NUMBER OF RECORDINGS TO ACHIEVE .035 PERCENT ACCURACY AT 3 SIGMA IS 830

TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS TO DATE ARE 939
```

Распечатка 7.4 (продолжение)

Упражнение 7.1 (наименее трудное). Написать программу расчета полезной площади с учетом проходов для складских помещений. Учесть размеры нескольких типов стандартных контейнеров для хранения деталей и ограничения на высоту стеллажей.

Упражнение 7.2 (средней трудности). Используя теорию массового обслуживания, написать программу оценки оптимального размещения в цехе единицы оборудования. Такая программа полезна при планировке производственных площадей. Необходимые формулы можно найти в учебнике по статистике.

Упражнение 7.3 (трудное). Написать программу для расчета таблицы нормативной численности вспомогательных рабочих при изменении производственной программы. Учесть переменные соотношения между численностью основных и вспомогательных рабочих.

Глава 8
ГРАФИЧЕСКОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ЭВМ

8.1. МАШИННАЯ ГРАФИКА

Одним из наиболее привлекательных, но трудоемких направлений программирования является машинная графика. Инженер-технолог может использовать машинную графику для иллюстрации идеи, для анализа и для построения диаграмм и графиков.

Составление программ, в которых машинная графика используется для иллюстрации идеи, требует большого труда программиста. В гл. 2 приведены пять примеров такого применения графического отображения информации. Основное назначение графики в этом случае — донести до пользователя идею или условие задачи, которое не может быть объяснено описательным путем. Наглядным примером является программа расчета стоимости обработки фрезерованием. Существуют не менее пяти вариантов взаимного расположения фрезы и детали и в каждом случае используется своя формула для расчета пути врезания фрезы. Без графических средств трудно понять, какой способ установки фрезы имеется в виду.

Наглядным примером применения машинной графики для анализа служит столбиковая диаграмма или гистограмма, приведенная в гл. 4. ЭВМ строит гистограмму по исходным данным, введенным инженером. Анализируя гистограмму, инженер делает вывод о распределении случайной величины: оно может быть нормальным, скошенным, иметь ярко выраженный пик или две вершины. Такого вида графики нетрудно программировать; они полезны при анализе и являются признаком хорошего стиля в программировании.

Построение диаграмм и графиков — еще один путь использования графических возможностей ЭВМ. Примерами такого использования для инженера-технолога могут служить: график ГАНТА, графическое отображение функциональных зависимостей, сетевой график ПЕРТ. С помощью ЭВМ диаграммы и графики можно строить как с применением, так и без применения масштаба. В последнем случае используется только ось координат Y, по другой оси шкала отсутствует. Построение графиков в масштабе требует двумерной системы координат (ось X и ось Y). Ниже рассмотрены вопросы графического отображения информации на ЭВМ при решении производственных задач инженером-технологом.

Для каждой программы приведены необходимые построчные комментарии. Описаны следующие программы: для построения гистограммы BAR; для построения в масштабе графика загрузки оборудо-

вания MACH; для построения календарного графика производства GANT; для расчета параметров многостаночного обслуживания MAN.

8.2. ПРОГРАММА BAR

Программа занимает 659 байт оперативной памяти. Эта простая программа включает все приемы, используемые для программирования безмасштабных графиков (распечатка 8.1).

Частота	Размер	Гистограмма
4	0,994	XXXX
6	0,995	XXXXXX
9	0,996	XXXXXXXXX
11	0,998	XXXXXXXXXXX
15	0,999	XXXXXXXXXXXXXXX
19	1	XXXXXXXXXXXXXXXXXXX
27	1	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
23	1,001	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
20	1,002	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
16	1,003	XXXXXXXXXXXXXXXX
12	1,004	XXXXXXXXXXXX
9	1,005	XXXXXXXXX

Среднее значение равно 1,00019
Сумма всех частот равна 171

К распечатке 8.1

Комментарии к программе.

Строка 5: DIM B (13), D (13), S (13)

Оператор в строке 5 задает размерность массивов, обозначенных переменными B, D, S. Под каждый массив резервируются 13 ячеек памяти. Без оператора DIM ЭВМ отводит по умолчанию 10 ячеек под каждую индексированную переменную.

Строка 10: INPUT «TYPE IN THE NUMBER OF BARS ON THE CHART»; N

Строка 20: FOR I = 1 TO N

Во время выполнения строки 10 пользователь вводит число столбиков на диаграмме (N), а строка 20 начинает выполнение цикла FOR — NEXT, которое продолжается до тех пор, пока значение счетчика цикла не станет равным N.

Строка 30: INPUT «TYPE IN THE FREQUENCY
AND CELL SIZE, SEPARATE BY A
COMMA»; B (I), S (I)

Строка 30 позволит осуществить ввод значений нескольких переменных. Для индексирования переменных используется та же переменная *I*, что и в операторе цикла FOR — NEXT. Индексирование необходимо для того, чтобы позже программа могла иметь доступ к этим значениям.

Строка 40: *D* (*I*) = *B* (I) * S (I)

```
1 REM PROGRAM NAME BAR
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
4 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
5 DIMB(13),D(13),S(13)
6 CLS
7 PRINT"THIS PROGRAM PRINTS OUT A BAR CHART"
10 INPUT"TYPE IN THE NUMBER OF BARS ON THE CHART";N
20 FORI=1TON
30 INPUT"TYPE IN THE FREQ.&CELL SIZE,SEPARATE BY A COMMA";B(I),S(I)
40 D(I)=B(I)*S(I)
50 E=E+D(I)
60 T=T+B(I)
70 NEXTI
80 CLS
100 LPRINTTAB(3);"FREQ";TAB(10);"CELL SIZE";TAB(30);"BAR CHART"
101 LPRINT
102 FORX=0TO60:LPRINT"=";:NEXT
105 LPRINT
110 FORI=1TON
120 LPRINTTAB(3);B(I);TAB(10);"SIZE";S(I);
130 FORA=1TOB(I)
140 LPRINTTAB(25);"X";
150 NEXTA
160 LPRINT
170 NEXTI
175 LPRINT
180 LPRINT"THE AVERAGE IS";E/T
185 LPRINT"THE SUM OF ALL THE FREQUENCY IS",T
190 END
```

```
   FREQ   CELL SIZE           BAR CHART
=============================================================
    4     SIZE .994       XXXX
    6     SIZE .995       XXXXXX
    9     SIZE .996       XXXXXXXXX
    11    SIZE .997       XXXXXXXXXXX
    15    SIZE .998       XXXXXXXXXXXXXXX
    19    SIZE .999       XXXXXXXXXXXXXXXXXXX
    27    SIZE 1          XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
    23    SIZE 1.001      XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
    20    SIZE 1.002      XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
    16    SIZE 1.003      XXXXXXXXXXXXXXXX
    12    SIZE 1.004      XXXXXXXXXXXX
    9     SIZE 1.005      XXXXXXXXX
THE AVERAGE IS 1.00019
THE SUM OF ALL THE FREQUENCY IS  171
```

Распечатка 8.1.

В этой строке значение частоты умножается на размер интервала, и результат запоминается в переменной D (I).

Строка 50: $E = E + D$ (I)

Строка 60: $T = T + B$ (I)

Эти две строки накапливают значения сумм E и T.

Строка 70: NEXTI

Строка 70 передает управление в начало цикла до тех пор, пока не будут введены все записи.

Строка 100: LPRINTTAB(3); «FREQUENCY»;
TAB(10); «CELL SIZE».
TAB (30); «BAR CHART»

В этой строке формируется заголовок. Функция TAB поместит головку печатающего устройства перед позицией, в которой должен быть напечатан следующий символ. Правила пунктуации должны быть соблюдены в точности, иначе ЭВМ выдаст сообщение об ошибке.

Строка 101: LPRINT

Этот оператор заставляет ЭВМ пропустить при печати одну строку.

Строка 102: FOR X = 0 TO 60: LPRINT« = »:NEXT.

На этой строке записано несколько операторов. Строка с этим номером была дописана уже в готовую программу. Она служит для подчеркивания заголовка.

Строка 110: FOR I = 1 TO N

Эта строка начинает цикл, который печатает диаграмму.

Строка 120: LPRINT TAB (3); B (I); TAB (10); «SIZE»; S (I);

Аргументы в функции TAB совпадают с аргументами в строке, печатающей заголовок; B (I) или любое значение, введенное в качестве первого B (I), будет вызвано из памяти и напечатано сразу после позиции TAB (3). Точка с запятой, помещенные в конце строки программы, заставляют печатающее устройство продолжать формировать строку печати.

Строка 130: FOR A = 1 TO B (I)

Эта строка начинает вложенный цикл FOR -- NEXT. Конечное значение счетчика цикла равно B (I) или частоте наблюдений данного значения случайной величины.

Строка 140: LPRINT TAB (25); «X»;

В соответствии с этой строкой печатающее устройство печатает X на таком числе позиций, которое равно значению B(I). Благодаря точке с запятой в конце строки по-прежнему не происходит возврата каретки печатающего устройства.

Строка 150: NEXTA

Строка 150 передает управление в начало цикла до тех пор, пока не будут напечатаны все X в выходной строке.

Строка 160: LPRINT

Происходит возврат каретки.

Строка 170: NEXTI

Управление передается на оператор в строке 110 для обработки следующего ряда данных.

Программа BAR очень проста. Можно добавить к ней ряд операторов, которые позволят провести разграничительные линии, расширить заголовок, улучшить оформление диаграммы. Графическое отображение информации на печатающем устройстве независимо от применения масштаба всегда связано с использованием оси X для нанесения значений переменной величины. Гистограммы чаще строятся по оси Y и располагаются вертикально. Поскольку печатающее устройство позволяет откладывать значение переменной величины только по оси X, любая программа, связанная с построением диаграмм или графиков, должна осуществлять поворот графического изображения. Хотя в эту программу были специально введены дан-

ные для построения кривой распределения, ее можно использовать и с другими данными.

Программы MACH и GANT позволяют строить графики на терминале ЭВМ с применением масштаба. Применяя масштаб, можно строить двумерные графики на экране дисплея или с помощью печатающего устройства. Экран терминала в продольном направлении (ось X) включает 64 символа, лист печатающего устройства — 80 символов. По вертикали (ось Y) экран дисплея разбивается на 16 строк; а высота графика, полученного на печатающем устройстве, ограничивается 11 дюйм (279 мм) с учетом стандартного формата листа бумаги (8 1/2 дюйм × 11 дюйм). Построить двумерный график на экране дисплея или с помощью печатающего устройства несложно, если следовать нескольким простым правилам. В качестве первого примера рассмотрим график синусоиды (рис. 8.1). Каждый инженер знает, что синусоида может иметь отрицательные значения.

Экран дисплея заполняется символами так же, как заполняется лист бумаги при движении каретки пишущей машинки. Но каретка пишущей машинки может возвращаться назад, для дисплея такой возврат невозможен. Поэтому первое правило для построения графиков на терминале ЭВМ заключается в том, чтобы все значения переменных были положительными. Поэтому значения синусоиды должны изменяться не от +1 до —1, а от 0 до + 2, занимая на экране 50 позиций, и надо расположить график как показано на рис. 8.2. Второе правило для построения графиков на экране дисплея или с помощью печатающего устройства: значения переменной величины могут наноситься только по оси X. В примере с синусоидой это означает, что кривая должна быть повернута относительно начала координат, если мы хотим получить график функции на экране или печатающем устройстве:

```
10 FOR I = 0 TO 6,4 STEP 0,2
   20 Y = SIN (I) * 25
   30 PRINT TAB (Y + 35); «*»
```

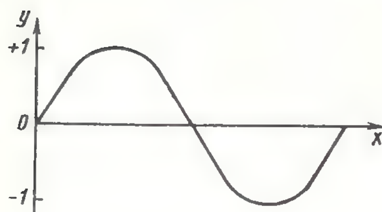


Рис. 8.1. График $y = \sin x$

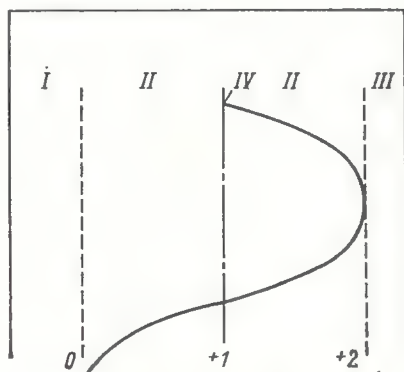


Рис. 8.2. Построение графиков на экране дисплея:

I — левое поле длиной 10 пробелов; *II* — 50 пробелов; *III* — 4 пробела; *IV* — позиция 35

40 NEXTI

Эта короткая программа позволяет получить на экране терминала синусоиду.

Строка 10: FOR I = 0 TO 6,4 STEP 0,2

Эта строка задает отрезок, изображающий угол примерно 2 π рад. Отрезок разбивается на 32 точки с шагом 0,2 (6,4/0,2 = 32), из которых 16 точек находятся выше нулевой линии, а 16 — ниже нулевой линии.

Строка 20: Y = SIN (I) * 25

В этой строке оператор присваивания задает значение Y, равное синусу угла 0,2·25 для первой точки графика, т. е 0,2·25 = = 0,08726

Строка 30: PRINT TAB (Y + 35); «*»

Согласно рис. 8.2 первая звездочка печатается на экране в позиции 35 + 0,08726. С учетом левого поля длиной 10 символов центр графика соответствет 35-й позиции на экране. Синусоида занимает по ширине 50 позиций. Это определяется строкой 20, где + 1 или — 1 умножается на 25. Оператор в строке 30 указывает позицию печати. Добавим.

Строка 25: PRINTY;

При выполнении программы этот оператор позволяет пользователю увидеть, какие значения принимает Y. Значения Y могут быть целочисленны, если добавить и изменить строки:

Строка 22: Y1 = INT (Y + 35)

Строка 25: PRINT Y1

Теперь перепишем операторы PRINT в виде LPRINT, чтобы получить твердую копию.

8.3. ПРОГРАММА МАСН

В качестве первого примера построения на ЭВМ графиков с использованием масштаба служит программа МАСН. Программа занимает 862 байт оперативной памяти и предназначена для построения графика загрузки оборудования (распечатки 8.2, 8.3).

Комментарии к программе. Строка 10: A = 20:B = 60

В строке 10 устанавливаются минимальное и максимальное количество часов в неделю, которое станок будет загружен.

Строка 50: FOR I = A TO B STEP 5

После того как в строке 40 определено место каждого элемента заголовка в печатной строке, строка 50 по существу означает:

FOR I = 20 TO 60 STEP 5

Первое значение переменной цикла 20, затем 25, 30 и т. д. Шаг выбран произвольно. Если на терминале или печатающем устройстве отводится 30 позиций, то это число позиций приравнивается диапазону изменений X = 60—20=40; 30/40=0,75. Таким путем определяется масштаб по оси X.

Строка 55: LPRINT TAB (I*0,75); I;

```
1 REM PROGRAM NAME MACH
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
4 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
10 A=20:B=60
15 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"MACHINE LOAD CHART"
20 LPRINT"MACHINE NAME-----GRINDER-----OCT-NOV 1980"
21 LPRINTCHR$(138)
30 LPRINT"HOURS LOAD PER WEEK"
31 LPRINTCHR$(138)
40 LPRINTTAB(5);"WEEK";TAB(15);"HOURS THIS WEEK";TAB(35);"OVER TIME";TAB(55);"DO
WN"
50 FORI=ATOBSTEP5
55 LPRINTTAB(I*.75);I;
60 NEXTI
65 LPRINTCHR$(138)
70 FORX=1TO10
75 READH,D
76 H1=H1+H:D1=D1+D
77 IFH>40THEN78ELSE80
78 O1=O1+(H-40)
80 LPRINTTAB(5);X;TAB(H*.75+3);"*";TAB(55);D;
85 LPRINTCHR$(13)
86 LPRINT"       ---------------------------I----------------"
90 NEXTX
100 DATA30,3,35,6,38,6,40,0,42,5
110 DATA44,8,48,10,25,12,32,10,36,4
120 LPRINTCHR$(138)
130 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"ANALYSIS"
140 LPRINTCHR$(138)
150 LPRINT"AVERAGE HOURS OPERATED THIS PERIOD HAS BEEN";H1/10
160 LPRINT"TOTAL DOWN TIME HOURS HAS BEEN";D1
170 LPRINT"TOTAL OVERTIME HOURS HAS BEEN";O1
180 END
```

Распечатка 8.2.

```
MACHINE LOAD CHART
MACHINE NAME-----GRINDER-----OCT-NOV 1980

HOURS LOAD PER WEEK

     WEEK      HOURS THIS WEEK     OVER TIME           DOWN
                20   25   30   35   40   45   50   55   60

      1                    *                             3
      ---------------------------I----------------
      2                        *                         6
      ---------------------------I----------------
      3                          *                       6
      ---------------------------I----------------
      4                            *                     0
      ---------------------------I----------------
      5                             *                    5
      ---------------------------I----------------
      6                               *                  8
      ---------------------------I----------------
      7                                  *               10
      ---------------------------I----------------
      8                *                                 12
      ---------------------------I----------------
      9                      *                           10
      ---------------------------I----------------
      10                        *                        4
      ---------------------------I----------------

ANALYSIS

AVERAGE HOURS OPERATED THIS PERIOD HAS BEEN 37
TOTAL DOWN TIME HOURS HAS BEEN 64
TOTAL OVERTIME HOURS HAS BEEN 14
```

Распечатка 8.3.

График загрузки оборудования

Наименование оборудования: шлифовальный станок ——— окт. — нояб. 1980
Количество часов работы в неделю

```
                                    Время работы                  Время
  Неделя                            во II смену                 простоев
             20   25   30   35   40   45   50   55   60

1              X                                                   3
__________________________ I ___________________________
2                      X                                           6
__________________________ I ___________________________
3                         X                                        6
__________________________ I ___________________________
4                             X                                    0
__________________________ I ___________________________
5                               X                                  5
__________________________ I ___________________________
6                                   X                              8
__________________________ I ___________________________
7                                        X                        10
__________________________ I ___________________________
8         X                                                       12
__________________________ I ___________________________
9                      X                                          10
__________________________ I ___________________________
10                        X                                        4
__________________________ I ___________________________
```

Анализ

Среднее время загрузки за отчетный период 37 ч
Общее время простоев оборудования 64 ч
Общее время работы во вторую смену 14 ч

К распечатке 8.3

В этой строке весь диапазон изменения X, равный 40 ед. и разделенный на отрезки по 5 ед., умещается на 30 позициях терминала. Точка с запятой в конце строки означает, что печатающее устройство не может перейти к печати строки, пока полностью ее не сформирует.

Строка 70: FOR X = 1 TO 10

График охватывает период времени в 10 недель, поэтому программа читает 10 групп данных. Эту строку можно переписать иначе, используя переменные величины.

Строка 70: FOR X = S TO F

где S означает «Старт», а F — «Финиш».

Строка 75: READ H, D

Значения H (время работы оборудования) и D (время ремонта) получены из оператора DATA, что упрощает программу. Корректировка исходных данных в программе возможна двумя способами.

Первый способ. Удалите начальную группу данных в операторе DATA. При этом способе корректировки строка 70 примет вид:

Строка 70: FORX = 2 TO 11

или

Строка 70: FORX = S TO F

В последнем случае требуется дополнить программу еще двумя операторами для ввода значений S и F.

Второй способ. Измените период времени, охватываемый графиком, добавив данные за 11-ю неделю:

Строка 70: FORX = 1 TO 11

Строка 76: H1 = H1 + H:D1 = D1 + D

В этой строке вычисляются переменные H1 (общее время работы оборудования) и D1 (общее время ремонта).

Строка 77: IFH >40 THEN 78 ELSE 80

Строка 78:O1 = O1 + (H — 40)

В строке 77 проверяется условие, работало ли оборудование в начале недели более чем в одну смену, и значения переработки суммируются в строке 78. Если сверхурочных на этой неделе не было, то управление передается оператору в строке 80.

Строка 80: LPRINT TAB(5); X; TAB (H*0,75+3): «*»; TAB (55); D;

При построении графиков в масштабе необходимо выравнивать; значения по оси X с заголовком, напечатанным ранее. TAB(55); D печатает номер недели. TAB (H*0,75+3); «*» умножает отработанные часы (H) на 0,75 (масштабный коэффициент, уже встречавшийся в программе), затем прибавляет 3, выравнивая положение звездочки по отношению к шкале. Часть строки TAB (55); D печатает значение сверхурочной работы, прочитанное ранее.

Строка 86: LPRINT «_ _ _ I _ _ _»

Оператор этой строки печатает символ «I» в 40-й колонке, чтобы выделить для наглядности значения, превышающие 40 ч (сверхурочная работа).

Программа была написана для того, чтобы показать, насколько просто строить графики с помощью ЭВМ. Если бы перед заводскими инженерами была поставлена задача проследить с помощью таких графиков загрузку нескольких станков, программу пришлось бы переписать, чтобы ею было удобнее пользоваться. Например, группы данных в операторе DATA следовало бы записать на отдельных строках программы, а в циклы FOR — NEXT ввести переменные, значения которых читаются из оператора DATA. При таком подходе корректировка программы требует внесения изменений только в оператор DATA. Перепрограммировать какой-либо из циклов FOR — NEXT уже нет необходимости. Эта программа может работать с файлами, используя средства обработки файлов, описанные в гл. 9, однако для подобных целей намного проще писать программы с операторами DATA.

8.4. ПРОГРАММА GANT

Программа занимает 578 байт оперативной памяти (распечатка 8.4).

Комментарии к программе. Инженеру-технологу неизбежно приходится пользоваться графиками для планирования и контроля работ. Программа GANT — это очень простая программа, во многом напоминающая программу MACH. Поэтому пояснения к этой программе касаются только различий в определении масштаба. 52

```
1 REM PROGRAM NEME GANTT
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
4 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
10 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"PROJECT CONTROL CHART FOR PROJECT 1"
20 LPRINTCHR$(138)
30 LPRINT"ITEM";TAB(30);"WEEKS";TAB(60);"TIME";TAB(66);"START";TAB(72);"FINISH"
40 LPRINTCHR$(138)
50 FORI=0TO52STEP4
60 LPRINTTAB(I*.4+7);I;
70 NEXTI
80 LPRINTCHR$(138)
90 FORX=1TO10
100 READA$,S,F
110 T=F-S
120 LPRINTA$;
130 FORY=STO(F-1)
140 LPRINTTAB(S+7);"I";
150 NEXTY
160 LPRINTTAB(60);T;TAB(66);S;TAB(72);F;
170 LPRINTCHR$(138)
180 LPRINTCHR$(138)
190 NEXTX
200 DATADES.A,1,10
210 DATABUILD,10,20
220 DATADES.B,4,8
230 DATABUILD,8,16
240 DATAASSY,20,30
250 DATATRY,31,35
260 DATADEBUG,35,40
270 DATAREWRK,40,42
280 DATASHIP,42,43
290 DATACOLLECT,44,45
300 END
```

PROJECT CONTROL CHART FOR PROJECT 1

ITEM.	WEEKS	TIME	START	FINISH
	0 4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44 48 52			
DES.A	IIIIIIIII	9	1	10
BUILD	IIIIIIIIII	10	10	20
DES.B	IIII	4	4	8
BUILD	IIIIIIII	8	8	16
ASSY	IIIIIIIIII	10	20	30
TRY	IIII	4	31	35
DEBUG	IIIII	5	35	40
REWRK	II	2	40	42
SHIP	I	1	42	43
COLLECT	I	1	44	45

Распечатка 8.4.

График контроля работ по проекту № 1

Этап	Недели 0 4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44 48 52	Продолжи-тельность	Начало	Окончание
РАЗБ. А	IIIIIIIII	9	1	10
СТРОИТ.	IIIIIIIIII	10	10	20
РАЗБ. Б	IIII	4	4	8
СТРОИТ	IIIIIIII	8	8	16
СБОРКА	IIIIIIIIII	10	20	30
ИСПЫТ.	IIII	4	31	35
ОТЛАД.	IIIII	5	35	40
ДОРАБ.	II	2	40	42
ОТГРУЗ.	I	I	42	43
ОПЛАТА	I	1	44	45

К распечатке 8.4.

недели занимают 53 печатных позиции. Номера недель печатаются на графике с интервалом в 4 недели.

Строка 60: LPRINT TAB (I * 0,4 + 7); I;

I — параметр цикла (счетчик числа недель) в строке 50; 0,4 — масштабный коэффициент[1], 7 — размер левого поля.

Строка 140: LPRINT TAB (S + 7); «T»;

Переменной S присваивается значение срока начала работ, 7 — размер левого поля.

Корректировка программы GANT проводится, как и корректировка программы MACH, путем изменения оператора DATA. В программу GANT можно включать алгоритм расчета критического пути.

Инженер-технолог использует и другие методы планирования и контроля работ, например ПЕРТ или ЛОБ (Лайн оф Бэланс), которые также могут быть запрограммированы.

Для размещения программы сетевого планирования (ПЕРТ) обычно требуются большие ресурсы памяти, поэтому большинство существующих программ написано для больших ЭВМ. Описанный подход к программированию такого вида графиков имеет два основных преимущества. Первое — на графике будет заметна ошибка, если скорректированные данные вводятся единой группой: могут изменяться значения последующих данных вследствие неправильной простановки запятой в операторе DATA, или резерв времени может оказаться таким, что вызовет остановку выполнения программы.

Второе преимущество связано с легкостью, с которой в проект можно вносить изменения. Если число событий в графе превышает 30—40, наглядность графа может быть улучшена за счет проведения вертикальных линий, образованных, например, символом «I». Это позволит сэкономить время и не размечать граф от руки. Такой прием был использован в программе MACH для обозначения на графике сверхурочных работ.

---

[1] Масштабный коэффициент следует вводить, если число позиций (знакомест) меньше числа недель. Например, если мы отводим 22 позиции, то масштабный коэффициент равен 0,4 (22:52=0,4). — *Примеч. пер.*

8.5. ПРОГРАММА MAN

Программа занимает 2398 байт оперативной памяти (распечатка 8.5).

Циклограмма обслуживания многостаночного рабочего места

Событие	Станок 1	Оператор	Станок 2
Вспомогательное время	0,1		0,3
Основное технологическое время	0,35		0,2
Время ожидания	0,05		0
Цикл	0,25		0,25
Оператор простаивает		0,1	
Коэффициент занятости рабочего, %		0,8	
Коэффициент загрузки станка, %	0,9		1,00
Расходы на заработную плату		8,5	
Расходы на эксплуатацию станка	12,5		8,25
Стоимость обработки	16,75		12,5
Себестоимость детали	0,0697217		0,0520833
Производительность, шт/ч		240	
Если оператор работает только на одном станке, результаты следующие			
Производительность, шт/ч	133,333		120
Себестоимость детали	0,1575		0,139583

К распечатке 8.5.

Графики обслуживания многостаночного рабочего места были заимствованы инженерами-технологами из практики работы инженеров по организации и нормированию труда. Они позволяют определить занятость рабочего и оборудования при работе одного оператора на наскольких станках (рис. 8.3). Графический анализ дает возможность достоверно определить нормы выработки одного рабочего, занятого обслуживанием двух станков; стоимость обработки детали при обслуживании одним рабочим двух станков и степень загрузки рабочего и станков.

Инженер отмечает на графике, имеющем шкалу времени, затраты времени на установку детали, ее обработку и снятие для каждого станка до тех пор, пока приемы не начнут повторяться. Затем инженер рассчитывает полный цикл изготовления двух деталей (одной детали на станке 1 и другой детали на станке 2) и другие основные параметры многостаночной работы, такие, как время простоя, занятости и общее количество деталей, которое можно обработать за 1 ч.

Одно любопытное отступление: автор применял графики обслуживания многостаночных рабочих мест свыше 25 лет, читал о них в учебниках, но ни разу не видел, чтобы пользовались расчетным методом определения параметров многостаночной работы, только графоаналитическим.

Более того, математическая модель была разработана автором только после решения применить ЭВМ для анализа процесса многостаночной работы. Другой интересный факт: основное назначение графика состоит в том, чтобы рассчитать затраты времени в течение цикла. Если создана математическая модель, то ЭВМ определит значения всех величин расчетным путем и надобность в графических построениях отпадет. Эта программа включена в данную главу не пото-

```
1 REM PROGRAM NAME MAN
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
4 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
5 CLS
10 PRINT"THIS PROGRAM CALCULATES TIME AND PRODUCTION"
11 PRINT"RATES FOR 1 MAN OPERATING 2 MACHINES"
12 PRINT"IF YOU NEED INSTRUCTIONS TYPE 1 IF NOT TYPE 2"
20 INPUTZ
30 ONZGOTO40,140
40 PRINT"INSTRUCTIONS"
50 PRINT"THERE ARE A SERIES OF INPUTS NECESSARY FOR THIS PROGRAM."
60 PRINT"THIS PROGRAM ACCEPTS DATA FOR ONE MAN TWO MACHINES."
70 PRINT"IT IS NOT NECESSARY FOR THE TWO MACHINES TO HAVE THE"
80 PRINT"SAME CYCLE TIMES OR COSTS. IT IS NECESSARY HOWEVER TO INPUT"
90 PRINT"THE DATA IN THE SEQUENCE ASKED FOR"
100 PRINT"DATA FOR THE LONGEST CYCLE IS INPUTTED FIRST."
110 PRINT"ALL TIME VALUES ARE IN DECIMAL MIN."
120 PRINT"MACHINE AND MAN DOLLARS RATES ARE INPUTTED SEPARATLY"
140 PRINT"TYPE IN THE DATA FOR THE MACHINE THAT HAS THE LONGEST"
150 PRINT"TOTAL CYCLE FIRST"
160 INPUT"LOAD TIME , MACHINE 2";L2
170 INPUT"UNLOAD TIME , MACHINE 2";U2
180 INPUT"PROCESS TIME , MACHINE 2";P2
190 INPUT"COST PER HOUR FOR THE MAN";D
200 INPUT"COST PER HOUR FOR MACHINE 2";D2
210 INPUT"LOAD TIME , MACHINE 1";L1
220 INPUT"UNLOAD TIME , MACHINE 1";U1
230 INPUT"PROCESS TIME , MACHINE 1";P1
240 INPUT"COST PER HOUR FOR MACHINE 1";D1
241 REM T1,E1,T2,E2 = TOT TIME AND EXTERNAL TIME
242 REM M1,MAN WAIT,W1,W2 MACHINE WAIT
243 REM C,CYCLE,M2,M3,M4=UTIL FOR MAN,MACH1&2
244 REM P,PC PER HR,R1,R2=MACH RATE,C1,C2 COST PER HR
250 T1=L1+U1+P1:E1=L1+U1
260 T2=L2+U2+P2:E2=L2+U2
270 IFE1<P2THEN300ELSE280
280 IFE1=P2THEN340ELSE290
290 IFE1>P2THEN380
300 M1=P2-E1:W1=T2-T1:W2=0
310 C=T2/2:M2=(T2-M1)/T2
320 M3=T1/T2:M4=100
330 GOTO420
340 M1=0:W1=T2:W2=0
350 C=T2/2:M2=(T2-M1)/T2
360 M3=T1/T2:M4=100
370 GOTO420
380 M1=0:T3=T2+(E1-P2)
390 W1=T3-T1:W2=T3-T2
400 C=T3/2:M2=(T3-M1)/T3
410 M3=T1/T3:M4=T2/T3
420 GOTO421
421 P=60/C:R1=(D/2)+D1:R2=(D/2)+D2
430 C1=R1/P:C2=R2/P
431 P3=60/T1:P4=60/T2:C3=(D+D1)/P3:C4=(D+D2)/P4
440 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);TAB(8);"MAN -  MACHINE ANALYSIS"
450 LPRINT"ITEM","MACHINE 1","MAN","MACHINE 2"
460 FORX=0TO 64:LPRINT"-";:NEXT
465 LPRINT
470 LPRINT"EXTERNAL",E1,,E2
480 LPRINT"PROECSS",P1,,P2
490 LPRINT" "
491 LPRINT" "
500 LPRINT"WAIT TIME",W1,,W2
510 LPRINT"CYCLE",C,,C
520 LPRINT"MAN WAITS",,M1
530 LPRINT"MAN UTIL %",,M2
540 LPRINT"MACH UTIL %",M3,,M4
550 LPRINT"MAN COST",,"$";D
560 LPRINT"MACH COST","$";D1,,"$";D2
570 LPRINT"TOT RATE","$";R1,,"$";R2
580 LPRINT"COST PER PC","$";C1,,"$";C2
590 LPRINT"PC PER HR",,P
591 LPRINTCHR$(13)
592 LPRINT"IF THE MAN OPERATES ONLY ONE MACHINE THE FOLLOWING DATA APPLIES"
593 LPRINTCHR$(138)
594 LPRINT"PC PER HR",P3,,P4
595 LPRINT"COST PER PC","$";C3,,"$";C4
600 INPUT"TYPE 1 TO CONTINUE 2 TO EXIT";Y
610 ONYGOTO10,620
620 END
```

Распечатка 8.5.

Параметры двухстаночного обслуживания

Станки 1, 2

L1, L2 — время на установку детали
U1, U2 — время на снятие детали
P1, P2 — основное технологическое время
T1, T2 — оперативное время; T1=L1+U1+P1; T2=L2+U2+P2
E1, E2 — вспомогательное время; E1=L1+U1; E2=L2+U2

Параметры, относящиеся к оператору

M1 — простой оператора

Другие параметры

W1 — простой станка 1
W2 — простой станка 2
C — приведенный цикл
M2 — коэффициент занятости рабочего
M3 — коэффициент загрузки станка 1
M4 — коэффициент загрузки станка 2
D — расходы на заработную плату одного рабочего в течение 1 ч
D1 — расходы на эксплуатацию станка 1 в течение 1 ч
D2 — денежные затраты на 1 ч работы станка 1
C1 — расходы на эксплуатацию станка 2 в течение 1 ч
C2 — денежные затраты на 1 ч работы станка 2
P — производительность станка, шт/ч
R1 — стоимость обработки детали на станке 1
R2 — стоимость обработки детали на станке 2

Рис. 8.3. Параметры многостаночного обслуживания для двух станков

му, что она строит график, а потому, что она позволяет избежать графических построений. Мы не даем построчный комментарий к ней по двум причинам. Во-первых, понадобилась бы целая глава, чтобы пояснить логику программы. Во-вторых, сама математическая модель не содержит ничего, кроме операции сложения и вычитания. Однако читателя может заинтересовать метод разработки математической модели. На рис. 8.4 изображено дерево решений, раскрывающее варианты построения процесса многостаночной работы. В начале анализа дерева решений имелось 12 возможных альтернатив, число которых в конечном счете было сведено к трем.

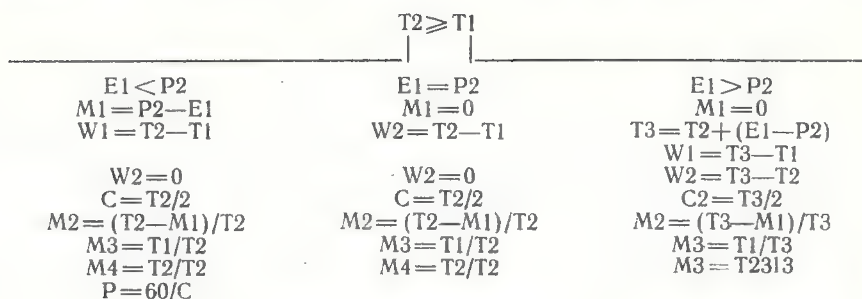


Рис. 8.4. Дерево решений

MAN — MACHINE ANALYSIS

ITEM	MACHINE 1	MAN	MACHINE 2
EXTERNAL	.1		.3
PROECSS	.35		.2
WAIT TIME	.05		0
CYCLE	.25		.25
MAN WAITS		.1	
MAN UTIL %		.8	
MACH UTIL %	.9		100
MAN COST		$ 8.5	
MACH COST	$ 12.5		$ 8.25
TOT RATE	$ 16.75		$ 12.5
COST PER PC	$ .0697917		$ .0520833
PC PER HR		240	
IF THE MAN OPERATES ONLY ONE MACHINE THE FOLLOWING DATA APPLIES			
PC PER HR	133.333		120
COST PER PC	$ .1575		$ .139583

MAN — MACHINE ANALYSIS

ITEM	MACHINE 1	MAN	MACHINE 2
EXTERNAL	.3		.25
PROECSS	.15		.25
WAIT TIME	.1		.05
CYCLE	.275		.275
MAN WAITS		0	
MAN UTIL %		1	
MACH UTIL %	.818182		.909091
MAN COST		$ 8.5	
MACH COST	$ 9.5		$ 8.25
TOT RATE	$ 13.75		$ 12.5
COST PER PC	$ .0630208		$ .0572917
PC PER HR		218.182	
IF THE MAN OPERATES ONLY ONE MACHINE THE FOLLOWING DATA APPLIES			
PC PER HR	133.333		120
COST PER PC	$ .135		$ .139583

Распечатка 8.5 (продолжение)

Чтобы провести анализ, подобный проведенному программой MAN, без использования ЭВМ, опытному инженеру потребовалось бы 1,5 ч. ЭВМ решает эту задачу за 3 мин, включая время, необходимое на ввод данных.

Есть ли программы для многостаночных процессов, в которых один рабочий обслуживает три и более станков? Когда за рабочим закрепляют три или более единиц оборудования, возникают серьезные трудности. Во-первых, несмотря на незначительное увеличение выпуска продукции при обслуживании трех станков в большинстве случаев возрастает общая себестоимость детали, обрабатываемой на этих станках. Во-вторых, хотя занятость рабочего возрастает, коэффициент использования станков уменьшается. Лучшим вариантом на практике является максимальное использование всех возможных факторов. В-третьих, если наладочные работы требуют значительного времени, то становится трудно контролировать, из-за чего про-

исходит фактический простой станков (из-за наладки или ожидания обслуживания).

Некоторые читатели могут с этим не согласиться. Возможно, они попробуют написать программу для ЭВМ, которая бы обосновывала их точку зрения.

Упражнение 8.1 (наименее трудное). Написать программу для ЭВМ, отражающую результаты работы технического отдела по снижению себестоимости изготовления различных изделий. На графике может быть проведена линия, обозначающая запланированную экономию времени или денежных средств. Предусмотреть в программе простые средства для корректировки исходных данных.

Упражнение 8.2 (средней трудности). Написать программу для построения графика ГАНТА, взяв за основу программу, приведенную в этой главе. Включить в нее модуль расчета резерва времени. После того как в программу введены новые данные, она должна рассчитать новые сроки выполнения работ. Это упражнение поможет программисту лучше освоить применение логических выражений.

Упражнение 8.3 (трудное). Написать программу, которая может строить ПЕРТ-ГРАФ. Программа также должна рассчитывать критический путь, используя следующие данные: наиболее раннее возможное время выполнения работы; ожидаемое время выполнения работы; наиболее позднее возможное время выполнения работы.

Глава 9
МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ФАЙЛОВ

9.1. СРЕДСТВА ЯЗЫКА БЕЙСИК ДЛЯ ОБРАБОТКИ ФАЙЛОВ

В системе программирования микро ЭВМ TRS-80 имеются средства обработки файлов прямого и последовательного доступа. В файлах прямого доступа может быть прочитана любая запись на диске. При чтении последовательного файла для микроЭВМ TRS-80 записи с диска вводятся последовательно, в том порядке, в котором они были помещены на диске.

Язык программирования Бейсик часто называют языком высокого уровня, или языком для решения научных задач. Слово «научных», вообще говоря, означает, что на Бейсике легко можно описать сложные математические расчеты. Первоначально Бейсик создавался как язык для проведения математических расчетов и не был предназначен для решения экономических задач. Другие языки, например КОБОЛ или РПГ, специально разработаны для программирования типичных экономических задач, таких, как обработка массивов информации или составление отчетов, но они менее удобны для вычислений.

Почти 20 % всех операторов и команд, используемых в Бейсике для TRS-80, применяется исключительно для обработки файлов. Можно написать много полезных программ, не имея представления о расширенном языке Бейсик, допускающем обработку файлов.

Однако во многих случаях можно и нужно создавать файлы для хранения используемой в техническом отделе информации, например сметных данных о капиталовложениях; данных учета использования инструмента и движения материалов; данных о ходе выполнения новых проектов и др. Этот перечень, безусловно, можно продолжить. Есть свои плюсы и минусы при обработке файлов на автономных микроЭВМ. Любое структурное подразделение, которое хранит некоторые объемы информации, используемые внутри подразделения, может быть заинтересовано в создании таких файлов. Некоторые задачи обработки данных удобнее решать на большой ЭВМ, а для решения других задач целесообразнее использовать микроЭВМ на рабочих местах.

Предположим, в отделе ремонта среднего по размерам предприятия необходимо обновлять учетные данные, используемые для составления ежедневного графика планово-предупредительных ремонтов; для учета объемов ремонтных работ и времени простоев по каждой единице оборудования; для текущей инвентаризации запасных частей и деталей по каждому станку.

Если решать эту задачу на большой ЭВМ, то программировать ее

должны в отделе обработки данных. Автор знает по собственному опыту, что после нескольких месяцев работы над постановкой задачи, в течение которых заводские специалисты пытаются объяснить свои требования, они начинают сомневаться в том, что поставленные цели могут быть достигнуты. Если решение этой задачи будет поручено инженеру-технологу, знающему ремонтное хозяйство и знакомому с программированием для ЭВМ, оно может быть получено гораздо быстрее.

Но главный вопрос не в том, кто может писать программы ЭВМ, а в том, кто еще в организации должен их использовать. Например, если программы для решения задач управления ремонтным хозяйством представляют часть набора программ, используемого сотрудниками других подразделений, то составление программ и внесение в них необходимых изменений проводит персонал отдела обработки данных. Если эти программы будут использоваться только в отделе ремонта, то составление программ и внесение необходимых изменений может быть поручено любому специалисту. С точки зрения инженера немаловажен еще один фактор. Некоторые фирмы начали предоставлять различным структурным подразделениям доступ к вычислительным мощностям в режиме «онлайн», используя дисплеи и телефонные линии связи. Такой подход имеет свои преимущества и недостатки. Работа в режиме «онлайн» имеет свои особенности. Нередко абоненты вынуждены ждать, когда освободиться центральная ЭВМ. По мере увеличения числа абонентов часто приходится заменять ЭВМ более мощной. Обычно в этом случае программы надо переделывать. Другая сложность связана с несовместимостью языков программирования. Не хотелось бы выглядеть слишком придирчивым, но нельзя не отметить, что большинство профессиональных программистов, стремясь сделать хорошо работающую систему, заставляют программу делать больше, чем от нее требуется.

Использование микроЭВМ позволяет избежать многих неудобств, связанных с решением такого типа задач на центральной ЭВМ в режиме «онлайн».

Каковы должны быть технические возможности системы? Может ли микроЭВМ с объемом памяти 32К байт удовлетворить ваши потребности? Хранение данных в настоящее время не является проблемой. За последние два года фирмы, выпускающие накопители на магнитных дисках, существенно увеличили их емкость. В журналах по вычислительной технике можно увидеть объявления о памяти на магнитных дисках для TRS-80 емкостью 1,5М байт (такой объем памяти имели многие большие ЭВМ всего 5 лет назад).

В этой главе детально рассмотрены программы обработки файлов. К каждой учебной программе даны построчные комментарии. Подробно объяснены новые операторы, встречающиеся в программах. Основное внимание уделено методам обработки файлов прямого доступа, которые обладают большими возможностями по сравнению с последовательными файлами.

9.2. ПРОГРАММА RFILE

Программа занимает 2514 байт оперативной памяти (распечатка 9.1).

Файл учета комплектующих изделий

Номер детали	Наименование детали	Годовая потребность	Цена детали	Класс
82 101	Отливка	1000	10,3	A

Общие затраты на эту деталь составляют 10 300 долл.

82 102	Корпус	1000	12,23	A

Общие затраты на эту деталь составляют 12 230 долл.

82 103	Шестерня	250	5,87	B

Общие затраты на эту деталь составляют 1467,5 долл.

...	...	...	...	...
82 112	0	0		

Общие затраты на эту деталь составляют 0
Всего затрат 33343,5

Примечание. Для детали № 82 107 и других данные пока отсутствуют, но место для них в файле зарезервировано.

К распечатке 9.1.

Это программа учета материальных ценностей, работающая с файлом прямого доступа. Она состоит из трех модулей. Модуль 1 позволяет поместить в файле записи, содержащие информацию о деталях. Результатом работы модуля 2 является чтение заданной записи из файла и ее отображение на экране. Модуль 3 дает возможность вывести содержимое файла на печать. Программа рассчитывает стоимость отдельных деталей, умножая из количество на цену, и итоговую стоимость. Серия номеров деталей начинается с номера 81200. После считывания транслятора с языка Бейсик операционной системой в память ЭВМ печатает вопрос «Сколько файлов?». Если пользователь нажимает клавишу ENTER, ЭВМ по умолчанию резервирует буферы ввода-вывода для трех файлов. Если пользователь намерен работать более чем с тремя файлами, он должен ввести их число, например 5 или 6. Максимальное число файлов, которое может задать пользователь, 15. Буфер ввода-вывода (рис. 9.1) представляет собой некоторую область оперативной памяти. В буфер ввода-вывода вводится часть файла и хранится там до тех пор, пока не поступит команда, указывающая, что делать с содержимым буфера. Таким образом, буфер ввода-вывода выступает в качестве временной памяти. Буферы ввода-вывода используются при работе с последовательными файлами и файлами прямого доступа.

Комментарии к программе.

Строка 20: OPEN «R», 1, «PART»

Оператор в строке 20 открывает прямой файл R[1] для чтения или

---
[1] Начальная буква англ. *Random*, что в переводе означает «произвольный», «случайный» — *Прим. пер.*

записи и резервирует для содержимого файла буфер 1. Имя файла — PART, имя программы — RFILE.

Строка 30:FIELD1, 10ASA$ (1), 10ASB$ (1), 10ASC$(1), 8ASD$(1), 2ASE$ (1)

Размер буфера ввода-вывода 256 байт. Буфер ввода-вывода может быть разбит на несколько полей. Каждому полю присваивается имя. Запись файла, с которой работает данная программа, содержит пять полей следующих размеров:

первое поле 10 байт; имя A$; поле содержит номер детали, например 82100;

```
1 REM PROGRAM NAME RFILE
2 REM BASIC AND THE MANUFACTURING ENGINEER
3 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
4 REM COPYRIGHT 1981
10 CLEAR500:CLS
20 OPEN"R",1,"PART"
30 FIELD1, 10 AS A$(1),10 AS B$(1),10 AS C$(1),8 AS D$(1),2 AS E$(1)
40 FIELD1, 63 AS DU$,10 AS A$(2),10 AS B$(2),10 AS C$(2),8 AS D$(2),2 AS E$(2)
50 FIELD1,126 AS DU$,10 AS A$(3),10 AS B$(3),10 AS C$(3),8 AS D$(3),2 AS E$(3)
60 FIELD1,189 AS DU$,10 AS A$(4),10 AS B$(4),10 AS C$(4),8 AS D$(4),2 AS E$(4)
70 REM OPTIONS
80 PRINT"USER OPTIONS ARE"
90 PRINT"TYPE 1 TO WRITE TO THE FILE"
100 PRINT"TYPE 2 TO READ FROM THE FILE"
110 PRINT"TYPE 3 TO PRINT OUT THE FILE"
120 PRINT"TYPE 4 TO EXIT"
125 INPUT"WHICH ONE DO YOU WISH";X
130 ONXGOTO140,260,370,999
140 INPUT"ENTER THE PART NUMBER";A1
141 PRINT"LENGTH OF FILE";LOF(1)
145 A2=A1-82100
150 R=1+INT((A2-1)/4):P=A2-4*INT((A2-1)/4)
151 PRINT"RECORD NO";R;"POSITION";P
160 GET1,R
170 INPUT"ENTER THE PART NAME";B$
180 INPUT"ENTER THE ANNUAL USAGE";C
190 INPUT"ENTER THE PART COST";D
200 INPUT"ENTER THE CLASS OF PART I.E. A , B , C , X";E$
210 LSETB$(P)=B$:LSETC$(P)=MKI$(C):LSETD$(P)=MKS$(D)
220 LSETE$(P)=E$
230 PUT1,R
240 INPUT"FOR ANOTHER RECORD TYPE 1 OR 2 TO EXIT";X
250 ONXGOTO140,255
255 CLOSE:END
260 REM READ FROM THE FILE
265 PRINT"LENGTH OF FILE";LOF(1)
270 INPUT"TYPE IN THE PART NUMBER";A1
280 A2=A1-82100
290 R=1+INT((A2-1)/4):P=A2-4*INT((A2-1)/4)
295 PRINT"RECORD NUMBER";R;"POSITION";P
300 GET1,R
310 PRINT"PART NUMBER";A1
320 PRINT"PART NAME","USAGE","COST","CLASS"
325 PRINT
330 PRINTB$(P),CVI(C$(P)),CVS(D$(P)),E$(P)
340 PRINT"FOR ANOTHER ENTRY TYPE 1 OR 2 TO EXIT"
350 INPUTX
360 ONXGOTO260,999
370 LPRINT"PART NUMBER RECORD FILE"
380 LPRINTCHR$(138)
390 LPRINT"PART NO.","NAME","USAGE","COST","CLASS"
400 LPRINTCHR$(138)
410 A1=82100
420 REM PRINT OUT THE FILE
430 FORR=1TOLOF(1)
440 FORP=1TO4
```

Распечатка 9.1

```
445 A1=A1+1
455 PRINTR,P
460 GET1,R
470 LPRINTA1,B$(P),CVI(C$(P)),CVS(D$(P)),E$(P)
475 B=CVI(C$(P))*CVS(D$(P))
476 LPRINT"TOTAL USAGE VALUE FOR THIS PART IS $";B
477 C=C+B
478 LPRINTCHR$(138)
480 NEXTP
490 NEXTR
500 LPRINTCHR$(138)
510 LPRINT"TOTAL INVENTORY VALUE IS $";C
999 CLOSE
1000 END
```

```
PART NUMBER RECORD FILE

PART NO.       NAME           USAGE          COST           CLASS

 82101         CASTING         1000           10.3          A
TOTAL USAGE VALUE FOR THIS PART IS $ 10300

 82102         MACH CAST       1000           12.23         A
TOTAL USAGE VALUE FOR THIS PART IS $ 12230

 82103         GEAR            250            5.87          B
TOTAL USAGE VALUE FOR THIS PART IS $ 1467.5

 82104         SHAFT           100            1.12          C
TOTAL USAGE VALUE FOR THIS PART IS $ 112

 82105         SHAFT2          700            3.12          B
TOTAL USAGE VALUE FOR THIS PART IS $ 2184

 82106         HOUSING         1000           5.67          B
TOTAL USAGE VALUE FOR THIS PART IS $ 5670

 82107                0              0
TOTAL USAGE VALUE FOR THIS PART IS $ 0

 82108         NOSE            1000           1.26          B
TOTAL USAGE VALUE FOR THIS PART IS $ 1260

 82109                0              0
TOTAL USAGE VALUE FOR THIS PART IS $ 0

 82110         PIN             1000           .12           X
TOTAL USAGE VALUE FOR THIS PART IS $ 120

 82111                0              0
TOTAL USAGE VALUE FOR THIS PART IS $ 0

 82112                0              0
TOTAL USAGE VALUE FOR THIS PART IS $ 0


TOTAL INVENTORY VALUE IS $ 33343.5
```

Распечатка 9.1 (продолжение)

второе поле 10 байт; имя B$; поле содержит наименование детали, например корпус;

третье поле 10 байт; имя C$; поле содержит значение годового объема, например 100000;

четвертое поле 8 байт; имя D$; поле содержит цену детали, долл,. например 23,50;

пятое поле 2 байт; имя E$; поле содержит код класса детали, например A.

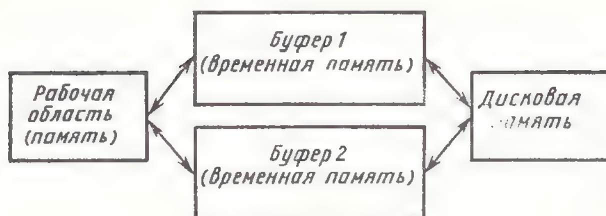


Рис. 9.1. Передача данных между памятью на дисках, буферами и оперативной памятью

Из 256 байт памяти, резервируемых для буфера ввода-вывода, в примере используется только 40. Поэтому в буфере ввода-вывода может храниться информация о нескольких деталях. На рис. 9.2 показано, как разместить в буфере ввода-вывода записи, относящиеся к четырем различным деталям.

Нужны какие-то параметры, чтобы указать часть буфера, в которой хранится необходимая запись. В файле можно разместить больше информации, так как буфер ввода-вывода использован не полностью (рис. 9.3).

В буфере можно выделить новое поле F$ и использовать незаполненные 24 байт. Индексированная переменная B$ (1) означает, что наименование детали хранится в первой из четырех частей буфера. Например, в строках 40, 50 и 60 переменные B$ (2), B$ (3) и B$ (4) указывают, где в буфере хранятся наименования следующих деталей. В строках 40, 50 и 60 буфер ввода-вывода структурно организован так же, как в строке 30, исключение составляют значения индекса и поле с именем DU$. Переменная DU$ или DUMMYSTRING[1] не выводится на печать и используется для пропуска первой записи и доступа ко второй записи буфера (рис. 9.4).

Данные для детали № 81 201	Данные для детали № 81 202	Данные для детали № 81 203	Данные для детали № 81 204

Рис. 9.2. Размещение данных о четырех деталях в буфере ввода-вывода

Хранение A$, B$, C$, D$, E$ (40 байт)	Резервная область (24 байт)

Рис. 9.3. Первая четверть буфера (64 байт)

[1] Фиктивная строка. — *Прим. пер.*

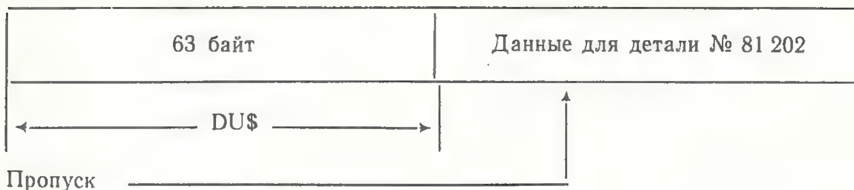


Рис. 9.4. Фиктивная запись для пропуска части блока данных

Если буфер ввода-вывода разделен на шесть частей, то потребуется шесть операторов FIELD. Если буфер ввода-вывода содержит всего одну запись, оператор принимает вид: FIELD1, 256 OR A$. Индексированные переменные применяются только тогда, когда буфер разделяется на части. Буферы 2 и 3 могут быть организованы как последовательность тех же самых полей.

Строка 141: PRINT «LENGTH OF FILE»; LOF (1). Эта строка позволяет пользователю видеть, сколько блоков занимает файл. Например, если ЭВМ печатает ЧЕТЫРЕ, это означает, что для размещения файла требуется четыре блока. Если буфер ввода-вывода вмещает четыре записи, то можно считать 16 записей. Гибкий диск диаметром 5 1/4 дюйм (134 мм) имеет 35 дорожек. Каждая дорожка вмещает 10 блоков (секторов). В свою очередь каждый сектор вмещает 256 байт информации. Объем дисковой памяти, доступной пользователю на одном диске, для TRS-80 составляет 58 800 байт, или 23 из 35 дорожек. На остальных 12 дорожках гибкого диска записаны стандартные утилиты и интерпретатор с языка Бейсик.

Для программы RFILE справедливы следующие расчеты: если каждый буфер ввода-вывода содержит четыре записи и в него считывается часть файла длиной 256 байт, т. е. один сектор, а на одной дорожке размещается 10 секторов и если пользователю доступны 23 дорожки, то на диск диаметром 5 1/4 дюйма можно разместить информацию о 920 деталях ($4 \times 10 \times 23 = 920$).

Термин «файлы прямого доступа» может ввести в заблуждение, если не представлять себе точно, что именно имеется в виду. Данные хранятся на диске блоками по 256 байт, доступ к ним возможен только в том случае, если известен номер блока и номер позиции в буфере ввода-вывода. Это значит, что должен существовать некий алгоритм пересчета номера детали в параметры, которые понятны ЭВМ (рис. 9.5).

Данные хранятся на диске последовательно, но доступ к ним может быть произвольным. Когда пользователь вводит с клавиатуры: деталь № 82107, ЭВМ должна преобразовать номер в блок 2, позицию 3. Это преобразование выполняет следующая часть программы:

Строка 145: A2 = A1—82100

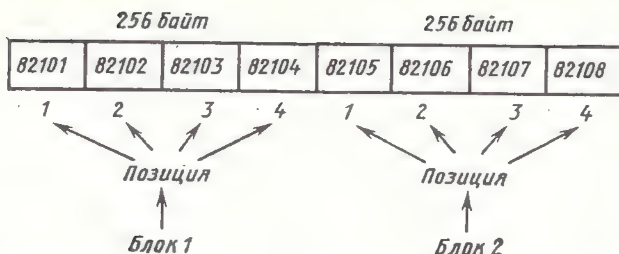


Рис. 9.5. Доступ к записям данных на диске с использованием номеров блока и позиции

Строка 150: R = 1 + INT((A2— 1/4), P = A2—4*INT ((A2—1)/4, где R — номер блока; P — номер позиции.

После того как пользователь в ответ на вопрос ЭВМ, помещенный в строке 140, введет число 82107, будут выполнены следующие действия:

Строка 140: INPUT «Введите номер детали»; A1 = 82107

Строка 145: A2 = 82107—82100 = 7

Строка 150: R = 1 + INT ((7—1)/4)=2

Строка 150: P = 7—4*INT ((7—1)/4) = 3

Данные о детали № 82107 хранятся в блоке 2 на позиции 3. Оператор в строке 151 отображает эти параметры на экране.

Строка 160: GET 1, R

ЭВМ «считывает» блок 2 и «помещает» его содержимое в буфер 1. Считываются все четыре записи в блоке 2, т. е. данные о деталях с номерами 82105—82108.

Теперь, когда блок 2 связан с буфером ввода-вывода, операторы в строках 170 — 200 служат для ввода в программу данных, которые затем будут помещены в файл. Обратите внимание на то, что символьные переменные используются для хранения алфавитно-цифровых данных, а обычные переменные — для хранения цифровых данных.

Строка 210: LSET B$(P) = B$:LSETC$ = MKI$ (C); LSETD$(P) = = MKS$ (D)

LSET или RSET переносят данные в буфер (L означает, что данные сдвинуты влево, R — вправо). Например, ранее размер поля BS установлен равным 10. Если B$ обозначает наименование детали, например ШЕСТЕРНЯ, то операторы LSET и RSET устанавливают это значение внутри принимающего поля (рис. 9.6). B$ (P) помещает B$ (ШЕСТЕРНЯ) на третью позицию в блоке 2, т. е. в запись, относящуюся к детали № 82107. Под переменную A1, означающую номер детали, отведено поле A$, но оно не используется. Это значит, что первые 10 позиций каждой записи остаются незаполненными, но поле резервируется в памяти (рис. 9.7).

Все данные в файле должны храниться в виде символьных переменных. Имеются три стандартные функции преобразования действи-



Рис. 9.6. Сдвиг данных влево LSET или вправо RSET внутри принимающего поля:

$ — пробел

тельных чисел в символьную строку: MKDS в строку длиной 8 байт; MKS$ в строку длиной 4 байт; MKI$ в строку длиной 2 байт. Данные, хранящиеся в виде символьных строк, не требуют преобразования.

Строка 230: PUT1, R

Этот оператор записывает содержимое буфера ввода-вывода в файл, создаваемый на диске.

Строка 255: CLOSE:END

Очень важно «закрыть» файл до окончания выполнения программы. Если оператор CLOSE отсутствует, данные в файле могут быть потеряны.

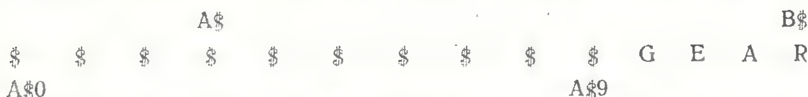


Рис. 9.7. Использование поля A$ (номер детали не записывается в файл, поле может быть использовано позднее)

Строки 260 — 350 представляют ту часть программы, в которой пользователь «считывает» данные из файла. Тот же самый алгоритм используется для пересчета номера детали в номер блока и номер позиции.

Строка 300: GET1, R

Эта строка программы «считывает» блок данных.

Строка 330: PRINT B$ (P), CVI (CS (P)), CV$ (D$ (P)), E$ (P). В этой строке данные, хранящиеся в виде символьных строк, преобразуются в действительные числа. Функции CVT и CVS являются обратными функциями по отношению к функции MKI$ и MKS$ (табл. 9.1).

9.1. Функции преобразования

Преобразование действительных чисел в символьную строку длиной	Обратное преобразование первых знаков символьной строки в действительное число
8 байт MKD $	8 знаков CVD
4 байт MKS $	4 знака CVS
2 байт MKI $	2 знака CVI

Последний раздел программы служит для расчета стоимости деталей и вывода на печать всего файла. Это можно сделать, организовав вложенный цикл FOR — NEXT, в котором переменная R обозначает номер блока, а переменная P — номер позиции.

Строка 430: FOR R = 1 TO LOF (1)

Строка 440: FOR P = 1 TO 4

Пользователь может не знать, сколько блоков занимает файл, поэтому функция LOF (1)* выдает число, которое ЭВМ считывает и использует при выполнении цикла FOR — NEXT. Поскольку мы использовали оператор FIELD 4 раза и разделили буфер ввода-вывода на четыре части или позиции, параметр цикла P меняется от 1 до 4.

В строке 475 можно производить арифметические расчеты, если данные хранятся в памяти и ЭВМ не выполняет цикла второй раз. Переменной B в строке 475 присваивается значение стоимости:

---

* Аббревиатура от англ. «LENGTH OF FILE» — длина файла. — *Прим. пер.*

```
1 REM PROGRAM NAME SFILE
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM BASIC FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
4 REM COPY RIGHT 1981
5 Z$=CHR$(13):CLS
10 PRINT"THIS PROGRAM IS A MAILING LIST PROGRAM"
20 PRINT"MADE UP OF 3 SECTIONS. SECTION 1 CREATES THE ORIGINAL FILE"
30 PRINT"SECTION 2 UP DATES THE FILE AND SECTION 3 MERGES FILES"
40 PRINT"1 AND 2 INTO A NEW FILE , CALLED FILE 3."
50 PRINT"AFTER THE FILE HAS BEEN UP DATED AND MERGED INTO FILE 3"
60 PRINT"FILES 1 AND 2 ARE KILLED. AFTER THIS IS DONE ENTER DOS AND"
70 PRINT"RENAME FILE 3 TO FILE 1"
90 CLEAR1000
100 INPUT"PRESS ENTER TO CONTINUE";X:ONXGOTO110
110 CLS:PRINT"OPTIONS"
120 PRINT"TYPE 1 TO CREATE THE FILE"
130 PRINT"TYPE 2 TO UP DATE THE FILE"
140 PRINT"TYPE 3 TO MERGE FILES 1 AND 2"
150 PRINT"TYPE 4 TO PRINT OUT FILE 1 ON THE CRT"
160 PRINT"TYPE 5 TO PRINT OUT FILE 2 ON THE CRT"
170 PRINT"TYPE 6 TO PRINT OUT FILE 3 , HARD COPY"
180 PRINT"TYPE 7 TO KILL FILES 1 AND 2"
190 PRINT"TYPE 8 TO EXIT"
195 PRINT"TYPE 9 TO KILL FILE 3"
200 INPUTX
210 ONXGOTO220,400,600,1050,1130,1270,1400,1410,1420
220 OPEN"O",1,"FILE1":CLS
230 PRINT"SECTION 1 CREATE A MAILING LIST FILE"
240 PRINT"DATA MUST NOT HAVE ANY COMMAS"
250 PRINT"ENTERIES MUST BE IN ALPHABETICAL ORDER"
260 PRINT"ENTER LAST NAME FIRST"
270 PRINT"TO TERMINATE ENTERIES TYPE &"
280 INPUT"TYPE IN FULL NAME , LAST NAME FIRST";A$
290 IFA$="&"THEN350
300 INPUT"TYPE IN THE ADDRESS";A1$
310 INPUT"TYPE IN THE CITY , STATE , AND ZIP CODE";A2$
320 INPUT"TYPE IN THE PHONE NUMBER";A3$
325 Z$=CHR$(13)
330 PRINT#1,A$;Z$;A1$;Z$;A2$;Z$;A3$
335 PRINT
340 GOTO270
350 CLOSE1
360 GOTO110
```

Распечатка 9.2

```
400 OPEN"O",2,"FILE2":CLS
410 PRINT"SECTION 2 , UP DATING THE FILE"
420 PRINT"DATA MUST NOT HAVE ANY COMMAS"
430 PRINT"ENTERIES MUST BE IN ALPHABETICAL ORDER"
440 PRINT"LAST NAME FIRST"
450 PRINT"TO TERMINATE ENTERIES TYPE &"
460 INPUT"TYPE IN THE FULL NAME";B$
470 IFB$="&"THEN530
480 INPUT"TYPE IN THE ADDRESS";B1$
490 INPUT"TYPE IN THE CITY , STATE , AND ZIP CODE";B2$
500 INPUT"TYPE IN THE PHONE NUMBER";B3$
505 Z$=CHR$(13)
510 PRINT#2,B$;Z$;B1$;Z$;B2$;Z$;B3$
515 PRINT
520 GOTO450
530 CLOSE2
540 GOTO110
600 CLS:OPEN"I",1,"FILE1"
610 OPEN"I",2,"FILE2"
620 OPEN"O",3,"FILE3"
630 INPUT#1,A$,A1$,A2$,A3$:INPUT#2,B$,B1$,B2$,B3$:GOTO660
640 INPUT#1,A$,A1$,A2$,A3$:GOTO660
650 INPUT#2,B$,B1$,B2$,B3$
660 IFEOF(1)ANDEOF(2)THEN710
670 IFEOF(1)THEN800
680 IFEOF(2)THEN900
690 GOTO1000
700 Z$=CHR$(13)
710 IFA$>B$THEN730ELSEPRINT#3,A$;Z$;A1$;Z$;A2$;Z$;A3$:PRINT
720 PRINT#3,B$;Z$;B1$;Z$;B2$;Z$;B3$:PRINT:CLOSE:GOTO110
730 PRINT#3,B$;Z$;B1$;Z$;B2$;Z$;B3$:PRINT
740 PRINT#3,A$;Z$;A1$;Z$;A2$;Z$;A3$:PRINT:CLOSE:GOTO110
800 IFA$>B$THEN820ELSEPRINT#3,A$;Z$;A1$;Z$;A2$;Z$;A2$:PRINT
810 PRINT#3,B$;Z$;B1$;Z$;B2$;Z$;B3$:PRINT:GOTO840
820 PRINT#3,B$;Z$;B1$;Z$;B2$;Z$;B3$:PRINT
830 GOTO650
840 INPUT#2,B$,B1$,B2$,B3$
850 PRINT#3,B$;Z$;B1$;Z$;B2$;Z$;B3$:PRINT
860 IFEOF(2)THEN870ELSE840
870 CLOSE
880 GOTO110
900 IFA$>B$THEN920ELSEPRINT#3,A$;Z$;A1$;Z$;A2$;Z$;A3$:PRINT
910 GOTO640
920 PRINT#3,B$;Z$;B1$;Z$;B2$;Z$;B3$:PRINT
930 PRINT#3,A$;Z$;A1$;Z$;A2$;Z$;A3$:PRINT
940 INPUT#1,A$,A1$,A2$,A3$
950 PRINT#3,A$;Z$;A1$;Z$;A2$;Z$;A3$:PRINT
960 IFEOF(1)THEN970ELSE940
970 CLOSE
980 GOTO110
1000 Z$=CHR$(13):IFA$>B$THEN1010ELSEPRINT#3,A$;Z$;A1$;Z$;A2$;Z$;A3$:PRINT:GOTO64
0
1010 PRINT#3,B$;Z$;B1$;Z$;B2$;Z$;B3$:PRINT:GOTO650
1050 OPEN"I",1,"FILE1":CLS
1060 INPUT#1,A$,A1$,A2$,A3$
1070 PRINTA$:PRINTA1$:PRINTA2$:PRINTA3$
1080 INPUT"PRESS ENTER TO CONTINUE";X
1090 ONXGOTO1100
1100 IFEOF(1)THEN1110ELSE1060
1110 PRINT:PRINT:PRINT"END OF FILE"
1120 CLOSE1:END
1130 OPEN"I",2,"FILE2":CLS
1140 INPUT#2,B$,B1$,B2$,B3$
1150 PRINTB$:PRINTB1$:PRINTB2$:PRINTB3$
1160 INPUT"PRESS ENTER TO CONTINUE";X
1170 ONXGOTO1180
```

Распечатка 9.2 (продолжение)

```
1180 IFEOF(2)THEN1190ELSE1140
1190 PRINT:PRINT:PRINT"END OF FILE"
1200 CLOSE2:END
1270 OPEN"I",3,"FILE3":CLS
1280 INPUT#3,A$,A1$,A2$,A3$
1290 PRINTA$,A1$,A2$,A3$
1330 IFEOF(3)THEN1340ELSE1280
1340 PRINT"END OF FILE"
1350 CLOSE3:END
1400 KILL"FILE1":KILL"FILE2":END
1410 CLOSE1:CLOSE2:CLOSE3:END
1420 KILL"FILE3":END
```

Распечатка 9.2 (продолжение)

Строка 475:B = CVI (C$ (P) * CVS (D$ (P)).

Тем, кто не привык писать программы, в которых проводится множество вычислений, программы обработки файлов могут поначалу показаться трудными. Однако инженер, имеющий некоторый опыт программирования на Бейсике, должен попытаться написать несколько таких программ. На одном диске можно хранить данные более чем по 900 деталям. Файлы выступают в качестве ценного инструмента, имеющего многочисленные применения. Нельзя сказать, что это программа слишком большая, она просто не похожа на другие. Результаты работы программы приведены на распечатке 9.1.

9.3. ПРОГРАММА SFILE

Программа занимает 3303 байт оперативной памяти и используется для обработки последовательного файла, предназначенного для хранения списка адресов (распечатка 9.2). Фактически она состоит из трех программ. Эти три программы выполняют различные функции. Когда они объединены в одну программную систему, то пользователь без труда может реализовать следующие действия: создать файл; скоррректировать файл; объединить два файла в третий и упорядочить в нем данные по алфавиту.

Комментарии к программе. С помощью операторов в строках 10—100 пользователь знакомится с инструкцией по работе с программой. Строки 100—195 дают возможность выбирать один из девяти функциональных модулей программы. Строки 200—210 связаны с оператором ON...GOTO, осуществляющим переход на один из перечисленных номеров строк.

Строка 220: OPEN «O», 1, «FILE1» : CLS

Файл 1 открывается как выходной файл для записи в нем информации, временно размещаемой в буфере 1.

Строка 240: PRINT «ДАННЫЕ НЕ ДОЛЖНЫ СОДЕРЖАТЬ ЗАПЯТОЙ»

Запятая играет роль разделителя данных, помещаемых в файл.

Строка 290: IFA$ = «&»THEN350

Эта строка программы дает пользователю возможность прекратить ввод данных, нажав на нижнем регистре клавишу 6 или &. Эту часть программы можно было бы написать, используя цикл FOR — NEXT.

Строка 325:Z$ = CHR$ (13)

CHR$ (13) представляет собой десятичный код символа, обозначающего возврат каретки. Переменной Z$ присваивается это значение, с тем чтобы не вводить каждый раз с клавиатуры CHR$ (13), когда требуется отделить одно данное от другого. Можно использовать и другие разделители.

Строка 330: PRINT#1, A$; Z$; A1$; Z$; A2$; Z$; A3$

Строка 330 программы размещает только что введенные данные в буфере 1, а затем переносит их на диск. Z$ выступает в роли разделителя данных

Строка 335: PRINT

Польза от такой программы очевидна. Для большинства микроЭВМ используются методы обработки файлов, которые могут показаться сложными при отсутствии опыта программирования. Вот почему необходимо провести детальный разбор программы. Функции, выполняемые программой, приведены ниже.

1. Первоначальный список адресов вводится с клавиатуры в алфавитном порядке и хранится на диске в файле 1.

2. Дополнения к списку вводятся с клавиатуры в алфавитном порядке и хранятся на диске в файле 2.

3. Выполняется процедура сортировки, при которой считывается по одной записи из каждого файла, записи сравниваются между собой и младшая по алфавиту запись помещается в файл 3.

4. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будут объединены оба файла.

5. Файлы 1 и 2 уничтожаются.

6. Файл 3 переименовывается и становится файлом 1.

Весь процесс может быть повторен сначала.

Основная особенность обработки последовательных файлов состоит в том, чтобы разместить данные на диске последовательно, а затем считать их с диска в том же порядке, в котором они были размещены. В отличие от прямых файлов, для последовательных файлов не требуется указывать номер блока и номер позиции, поскольку записи считываются с диска или пишутся на диске одна за другой. Однако в программе надо указывать параметр O, если мы собираемся писать в файле, и параметр I, если информация будет считываться из файла. Объясняется это тем, что в ЭВМ магистраль для передачи данных пропускает электрические сигналы в двух направлениях и необходимо подсказать ЭВМ, в каком именно направлении будет осуществляться эта передача.

Эта строка используется для того, чтобы вернуть каретку в исходное положение перед вводом следующей записи.

Строка 350: CLOSE1

Программа закрывает буфер 1. При программировании нужно следить за тем, чтобы файлы были своевременно закрыты. Если файл не закрыт, то возможна потеря информации.

В строках 400—530 только что рассмотренный алгоритм повторяется, но имена переменных меняются с A$ на B$.

Строка 600: CLS:OPEN «I», 1, «FILE1»

Оператор в этой строке открывает файл для чтения, считывает запись и пересылает ее содержимое в буфер 1.

Строка 610: OPEN «I», 2, FILE2»

Те же действия выполняются для файла 2:

Строка 620: OPEN «O», 3, «FILE3»

Оператор открывает файл 3 и помещает запись в буфер 3.

В строках 630—1010 записана процедура сортировки, в которой сравниваются данные из файлов 1 и 2, содержащиеся в переменных AS и B$. Значения одной из переменных помещаются в файле 3 в порядке алфавита. Данные хранятся на диске в кодах ASCII[1] и символьные данные могут быть отсортированы с помощью операции отношения.

Пусть AS = AAAB и BS = AAAA

Используя условный оператор, можно в зависимости от того, что больше — A$ или B$, выполнять различную последовательность действий и рассортировать A$ и B$ в алфавитном порядке, т. е. сначала B$, затем A$.В программе должно проверяться и другое условие — достигнут ли логический конец файла (EOF). Если заставить ЭВМ читать файл после того, как прочитана последняя запись, на экране появится сообщение, например «PAST END OF FILE IN LINE NUMBER». ЭВМ затем показывает на экране «READY» или прерывает выполнение программы в том месте, где выявлена ошибка. Поэтому в программе необходимо проверять два условия: сравнение A$ и B$ и достигнут ли логический конец файла. Возможны различные комбинации условий при решении задачи сортировки. В программе должны быть описаны шесть логических проверок (рис. 9.8). Можно дать построчные замечания к этой части программы, но лучше внимательно изучить рисунок.

После того как файл 1 создан, пользователь может просмотреть записи файла в строках 1050—1120. Операция просмотра выполняется этой частью программы за пять шагов:

1) файл открывается для чтения;

2) текущие значения переменных A$, A1$, A2$ и A3$ переписываются в область памяти и печатаются на экране;

3) пользователь, просмотрев одну запись, нажимает клавишу «ENTER» и вызывает на экран следующую запись файла;

4) проверяется условие достижения логического конца файла;

5) после просмотра всех записей файл закрывается программа заканчивает работу.

В строках 1130—1200 действия, ранее выполненные для файла 1, повторяются для файла 2.

Строки 1270—1350 выполняют ту же операцию, что и предыдущие разделы программы. Эти строки могут быть изменены в зависимости

---

[1] Стандартный американский код для обмена информацией. — *Прим. пер.*

Первая логическая проверка

Если EOF1 и EOF2, то сравнить A$ и B$ и писать записи в установленной последовательности в файл 3, иначе:

Вторая логическая проверка

Если EOF1 и нет EOF2, то сравнить A$ и B$ и писать записи в установленной последовательности в файл 3, вернуться к чтению оставшихся B$ и поместить их в файл 3, затем закрыть файлы.

Третья логическая проверка

Если EOF2 и нет EOF1, то сравнить A$ и B$ и писать записи в установленной последовательности в файл 3, вернуться к чтению оставшихся A$ и поместить их файл 3, затем закрыть файлы.

Четвертая логическая проверка

Если нет EOF1 или EOF2, тогда

Пятая логическая проверка

Если A $ больше B$, то писать B$ в файл 3 и вернуться к началу сортировки и читать следующую запись из файла 2 или

Шестая логическая проверка

Если B$ больше A$, то писать A$ в файл 3 и вернуться к началу сортировки и читать следующую запись из файла 1.

Рис. 9.8. Алгоритм сортировки

от того, как мы собираемся использовать программу обработки списка адресов. Мы можем получить твердую копию списка или заменить бумажную ленту печатающего устройства почтовыми ярлыками, одна из сторон которых заранее покрывается клеем. Существуют и другие возможности. Список адресов может быть рассортирован по семи различным признакам. Например, можно упорядочить список адресов, используя в качестве ключа сортировки переменную A2$, обозначающую код города, штата и почтовый индекс. Почтовый индекс можно выделить из символьной строки с помощью оператора LEFT$ (A2$5), а затем использовать его в качестве ключа для сортировки. Можно рассортировать список по коду города, применив тот же самый прием. Возможны и другие варианты. Например, можно осуществить сортировку для всех адресатов, чьи фамилии начинаются с буквы «И».

Строка 1400: KILL «FILE1»:KILL «FILE2»: END
После объединения в файл 3 файлы 1 и 2 уничтожаются. Пользователь должен ввести соответствующую директиву и переименовать файл 3, используя имя файла 1. После переименования файла весь цикл может быть повторен.

Писать программы обработки последовательных файлов проще, чем программы обработки файлов прямого доступа. Необходимо обратить внимание на следующие моменты. Во-первых, следует ясно представлять себе, как организованы хранение и поиск данных на диске. Во-вторых, некоторые коды ASCII могут быть использованы в качестве разделителей данных на диске. Вот почему, прежде чем

браться за любую серьезную программу, опытным путем следует определить, какие это коды.

Файловые системы могут применяться для хранения большого числа записей. Их главное назначение — хранить огромные объемы информации, далеко превосходящие возможности оперативной памяти ЭВМ. Результаты работы этой программы в книге не приведены, поскольку маловероятно, чтобы читателя заинтересовали чьи-то фамилии, адреса и номера телефонов, за исключением адресов и номеров телефонов голливудских кинозвезд.

Упражнение 9.1 (наименее трудное). Написать программу расчета сметы капитальных затрат, ввод данных в которую осуществляется из файла прямого доступа. Запись файла имеет следующую структуру: номер строки; наименование оборудования; планируемое количество; состояние заказа (поставщик, дата размещения заказа, ожидаемая дата поставки, примечания); фамилия инженера-куратора.

Программа должна осуществлять поиск информации по номеру строки и (или) выводить на печать данные о состоянии заказа.

Упражнение 9.2 (средней трудности). Написать программу для планирования и контроля работ по созданию нового изделия. Все сведения о материалах должны храниться в файле, а результаты работы программы должны быть представлены в виде графика ГАНТА (см. гл. 8, программа GANT).

Упражнение 9.3 (наименее трудное). Написать программу обработки дискового последовательного файла, в котором хранятся данные об инвентаризации оборудования. Программа должна предоставить пользователю возможность обновлять данные. Ниже приведены типичные элементарные данные, из которых должны состоять записи файла: инвентарный номер; порядковый номер; наименование оборудования; дата приобретения; стоимость.

Упражнение 9.4 (средней трудности). Написать программу расчета графика планово-предупредительного ремонта, работающую с последовательным файлом. Запись файла имеет следующую структуру: инвентарный номер, наименование оборудования, вид ремонта, номер недели или дня, когда предусматривается проведение ремонта.

Программа должна выполнять сортировку по номеру дня. После завершения сортировки на печать выводится график работы на каждый день.

Глава 10
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ МИКРОЭВМ

10.1. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Разработка технологических процессов является одной из основных обязанностей инженера-технолога. Для производственного участка цеха создается укрупненная маршрутная технология с указанием последовательности выполнения операций. Но технологический процесс может быть разработан очень подробно и включать все необходимые сведения для настройки станков на обработку. Подготовка такой документации требует больших знаний и творческого подхода и может быть очень трудоемкой. Инженер-технолог выполняет следующие основные работы: изучает чертеж детали; устанавливает последовательность операций обработки; разрабатывает маршрутную технологию; вычерчивает операционные эскизы к технологическому процессу, на которых указывает состав переходов и их характеристики, режущий инструмент и требования к измерительному инструменту; рассчитывает технически обоснованные нормы времени; задает размеры на обработку; проектирует приспособление, вспомогательный режущий инструмент и измерительный инструмент.

Такой подход к разработке технологических процессов выглядит весьма логичным, однако его осуществление требует больших затрат времени. Их можно сократить, если инженер будет делать только то, что он делает лучше ЭВМ, остальное должна делать ЭВМ. Именно эта мысль красной нитью проходит через всю книгу.

В этой главе показано, как применять микроЭВМ при разработке технологических процессов. Рассмотрим проблемы автоматизации проектирования технологической подготовки производства в целом для двух направлений проектирования. К первому относится проектирование технологических процессов с использованием групповых технологических процессов, ко второму — индивидуальное автоматизированное проектирование с использованием автоматизированного рабочего места технолога.

Групповая обработка деталей. Появление групповой технологии было вызвано стремлением распространить технологию массового производства на мелкосерийное производство, что значительно повышает эффективность труда технологов. Основная идея групповой обработки — сгруппировать детали по процессам обработки и сгруппировать станки для выполнения групповой операции. При групповой обработке уменьшаются затраты времени на переналадку; сокращаются уровень запасов деталей и время ожидания обработки;

возможна автоматизация разработки технологических процессов; снижаются стоимость обработки и затраты на перемещение деталей.

Групповая обработка деталей начинается с классификации деталей, объединения их в группы в зависимости от метода обработки, геометрической формы, функционального назначения, технологических характеристик, материала. После того как детали объединены в группы, разрабатывается система кодирования характеристик деталей, позволяющая автоматизировать решение технологических задач. На основе анализа закодированной информации формируются групповые процессы обработки. Меняется традиционное размещение оборудования. Если раньше на участке устанавливались однородные станки, то теперь в производственные линии объединяется разнородное оборудование, на котором выполняются групповые операции. Самым большим преимуществом групповой обработки является сокращение числа переналадок для групп станков и упрощение разработки технологических процессов благодаря использованию кодов [1]. Управляющие полны решимости достичь этих целей. Вряд ли найдется на предприятии структурное подразделение, которое не стремилось бы совершенствовать свою работу. Для технологической службы такое стремление связано прежде всего с внедрением групповой обработки.

Групповая технология создает необходимые предпосылки для автоматизации проектирования технологических процессов на основе мощной вычислительной техники. Только после того как решена задача классификации деталей по размерам, форме и т. д., можно переходить к проектированию технологических процессов с помощью ЭВМ. Разрабатывая технологию на новую деталь, необходимо учитывать последовательность операций, заданную на специализированной производственной линии. Такой подход имеет свои плюсы и минусы. С одной стороны, ЭВМ может очень быстро определить вид обработки и специализированное оборудование. Одновременно ЭВМ просматривает график загрузки данной производственной линии и пересчитывает ее пропускную способность. Решение этих задач осуществляется при минимальном участии инженера.

С другой стороны, групповая технология накладывает на процесс изготовления детали жесткие ограничения, так как он ведется по некоторому общему плану, что в ряде случаев может затруднить обработку. Совершенствование невозможно без изменений, и если изменения трудно осуществить, то мы будем продолжать завтра делать то же, что и сегодня.

За время своей работы в промышленности автор использовал идеи и принципы групповой технологии в процессе технологической подготовки двух различных между собой производств. Не вдаваясь в подробности, отметим, что ни один из этих экспериментов не дал ошеломляющих результатов. Как это часто бывает, на практике не удалось достичь всего того, что предсказывает теория.

---

[1] Инструмента, поверхностей и др. — *Прим. пер.*

У читателя может сложиться мнение, что автор относится к идее групповой технологии отрицательно. Хорошо представляя повседневную работу по управлению производством, автор хотел бы подчеркнуть следующее: цель групповой технологии заслуживает внимания, но ее реализация в производственных условиях требует огромной работы. В процессе производства происходят постоянные изменения — меняются изделия, обновляется оборудование и, самое важное, совершенствуется технология и организация труда, что ведет к росту производительности труда. Идеи, заложенные в групповой технологии, полезны, но для многих предприятий они еще преждевременные. Вероятно, требуются некоторые промежуточные шаги, прежде чем перейти к «большим переменам» в будущем.

Проектирование технологических процессов с помощью микроЭВМ. Создание и внедрение автоматизированных рабочих мест представляет собой еще одно направление автоматизации производства. Прежде чем описать, каким образом инженер-технолог может использовать на своем рабочем месте микроЭВМ для разработки технологических процессов, перечислим работы, которые он при этом выполняет: поиск решения; проведение расчетов; подготовка документа.

В процессе автоматизации технологической подготовки производства происходит разделение работ между инженером и ЭВМ: поиск решения выполняет инженер; проведение расчетов выполняет ЭВМ; подготовку документа выполняет печатающее устройство.

Применение микроЭВМ для проектирования технологических процессов не связано с необходимостью внедрять групповую обработку деталей. Такой подход имеет свои преимущества и недостатки. К основным преимуществам следует отнести то, что внедрение микроЭВМ в одном отделе не требует каких-либо изменений в деятельности других отделов.

В гл. 2 был рассмотрен вопрос: в какой мере оправдана большая детализация, а следовательно, и трудоемкость расчетов стоимости обработки изделия при получении заказа на его изготовление. Теперь мы можем на этот вопрос ответить так: есть смысл проводить более детальные расчеты, если время, необходимое для оценки стоимости обработки детали, сравнимо со временем самой обработки детали. Избегая укрупненных расчетов, мы тем самым повышаем их точность. Излишняя аргументация может повредить доказательству, поэтому мы назовем лишь главное преимущество применения микроЭВМ для проектирования технологических процессов — это оперативность. Трудоемкость разработки технологических процессов сокращается на 75 %.

Чтобы быть объективным, отметим недостатки внедрения микроЭВМ на рабочем месте технолога. Основным из них являются большие затраты труда на программирование. Писать программы для решения на ЭВМ технологических задач должен только инженер-технолог, хорошо знающий программирование и особенности конкретного станка. Другая трудность заключается в том, что это на-

правление автоматизации еще очень молодо и большинство фирм, связанных в той или иной степени с созданием и внедрением ЭВМ, не торопится поделиться своим опытом. Большей частью, если не полностью, работы, проводимые фирмами в этой области, носят поисковый характер.

10.2. РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Рассмотрим программу расчета процесса обработки деталей на патронном револьверно-токарном станке. Эти станки нашли широкое распространение на предприятиях машиностроения и металлообработки. Они знакомы большинству инженеров-технологов. Вот почему программа написана применительно к этим станкам. Для читателя, не знакомого с патронным револьверно-токарным станком, приведем его краткое описание.

Станок имеет один шпиндель, основной суппорт, с размещенной на нем пятипозиционной револьверной головкой, передний и задний суппорты. Задний суппорт может работать совместно с основным суппортом, выполняя операции по проточке пазов и канавок, подрезки торцов. Кинематика станка обеспечивает два диапазона скоростей и 36 значений подач, шесть из которых могут быть использованы при обработке с одной установки.

Другая причина, по которой был выбран именно этот станок, заключается в том, что на его примере можно научить инженера учитывать при программировании физические ограничения, накладываемые конкретным оборудованием. Специальный модуль в программе осуществляет замену расчетных значений скоростей резания и подач на фактические значения, указанные в паспорте станка.

Еще одна интересная особенность программы — большое число сочетаний операций, которое можно выполнять на этом станке. Станок предназначен для выполнения операций сверления, развертывания, продольного и поперечного точения, растачивания, прорезания канавок, фасонного точения. Все три суппорта станка могут использоваться одновременно, и на каждом устанавливается несколько инструментов. Дополнительные технологические возможности станка реализуются с помощью различных комбинаций состояний концевых выключателей. Например, когда инструмент, установленный в гнездах пятипозиционной револьверной головки, заканчивает обработку детали, могут быть осуществлены три варианта движения рабочих органов: шпиндель останавливается и происходит быстрый отвод инструмента; шпиндель продолжает вращаться во время быстрого отвода инструмента; выполняется операция точения или растачивания во время обратного хода инструмента. Различные варианты движения предусмотрены и для поперечного суппорта.

Из общего описания следует, что этот станок имеет многоинструментальное оснащение, широко распространен в призводстве и является типичным представителем многих станков. Программу, раз-

Рабочая карта для патронного револьверно-токарного станка

Наименование детали: втулка Операция 10, 1-я установка Варианты обработки

Деталь № 12 345

Дата: 1/1/81

Материал: Ковкий чугун

Револьверная головка			Диаметры и допуски	Линейные размеры и допуски	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Позиция 1																
Инструмент	1	Точение поверхности B	9,27±0,005	1,5±0,005														
	2	Подрезка торца 1	9,27±0,005	1,44±0,005														
	3																	
	4																	
		Позиция 2																
Инструмент	1	Растачивание поверхности D	7,84±0,005	1,49±0,005														
	2	Растачивание поверхности H	5,36±0,005	1,49±0,005														
	3																	
	4																	

		Позиция 3																
Инструмент	1	Обработка поверхности E	7,5±0,010	0,060±0,005														
	2																	
	3																	
	4																	
		Позиция 4																
Инструмент	1	Точение поверхности A	9±0,010	0,75±0,010														
	2	Обтачивание поверхности D	7,84±0,005	0,06±0,005														
	3																	
	4																	
		Позиция 5																
Инструмент	1	Растачивание поверхности D	7,86±0,002	1,5±0,005														
	2	Обработка поверхности C	8,738±0,002	0,266±0,002														
	3																	
	4																	

Рис. 10.1. Карта для определения состава переходов и последовательности обработки

7 Зак 2156

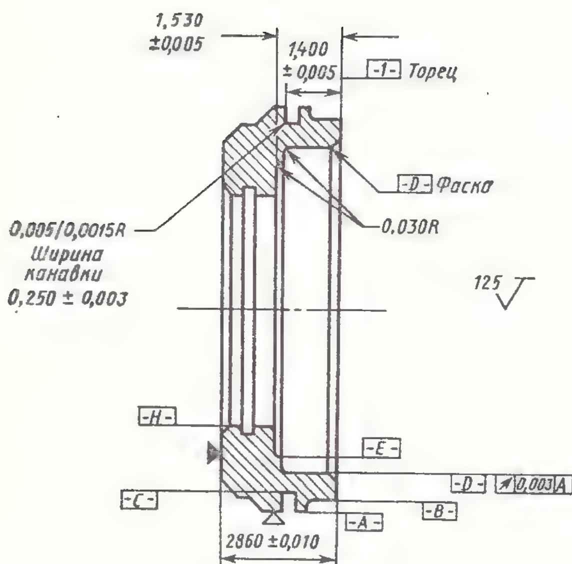


Рис. 10.2. Упрощенный чертеж детали

работанную для такого станка, можно рассматривать как типовую программу расчета технологических процессов.

Разделение труда между человеком и машиной при решении технологических задач с помощью микроЭВМ. Прежде чем познакомить читателя с результатами работы программы, рассмотрим процесс разработки технологической документации с помощью микроЭВМ. Инженер-технолог изучает чертежи и технические требования, используя специальную карту (рис. 10.1, 10.2) для патронного револьверно-токарного станка, он определяет состав переходов, устанавливает последовательность обработки, задает размеры и допуски на обработку, выбирает для каждого перехода режущий инструмент, вид обработки, вариант движения рабочих органов, вводит исходные данные в ЭВМ.

МикроЭВМ выбирает скорость резания в зависимости от перехода и обрабатываемого материала, рассчитывает частоту вращения шпинделя, осуществляет корректировку найденного значения по паспорту станка, рассчитывает необходимую для выполнения перехода частоты вращения, технологическое время, норму времени и выработки. Построчно-печатающее устройство позволяет получить твердую копию технологического документа, который затем передается в цех. В документе указываются последовательность перехо-

дов для каждой позиции револьверной головки и поперечных суппортов, операции, выполняемые для каждой обрабатываемой поверхности, линейные размеры и диаметры и допуски на них.

Документ содержит все основные данные, необходимые для наладки станка: параметры режимов резания, варианты движения рабочих органов после завершения обработки поверхности, передаточные числа в гитаре станка, обеспечивающие необходимые значения подач. По этим данным наладчик настраивает станок на выполнение заданной последовательности операций, устанавливая переключатели для каждой позиции револьверной головки в определенное состояние и перемещая упоры на заднем барабане станка.

Пример проектирования технологического процесса с помощью микроЭВМ. Обрабатываемая деталь — втулка. Так же как и при обычном проектировании, инженер изучает чертеж детали и устанавливает последовательность операций. Когда решение принято, инженер записывает его в специальную карту (см. рис. 10.1). Карта помогает инженеру во время диалога с ЭВМ не упустить из вида отдельные данные и полностью ввести их в машину. На выполнение этой части работы инженеру требуется примерно 1 ч. ЭВМ подготавливает распечатку (распечатка 10.1), которая указывает оператору, в какой последовательности обрабатывать поверхности детали, какой режущий инструмент назначен для каждой поверхности и на каком суппорте он размещен. Программа рассчитывает длину резания, на основе которой затем определяется технически обоснованная норма времени.

Проектирование технологического процесса обработки детали на патронном револьверно-токарном станке

Наименование детали: втулка Номер детали 12 345 Дата 01/01/81

Материал группы С
Назначенные скорости резания
22 37 44 62 72 104 121 170 203 230 334 568
Назначенные подачи

	Подача	Число зубьев шестерни	Подача	Число зубьев шестерни
Подачи 1 и 2	2.8E—03	22	0,011	38
Подачи 2 и 5	6E—03	27	0,025	33
Подачи 3 и 6	0,015	33	0,06	27

Описание операции

Операция	Диаметр	Длина	Подача	Частота вращения
Точение и подрезка торца, 1-й суппорт, грубая обработка, остановка шпинделя и быстрый отвод инструмента				
1 1 точение А	9,27+—5E—03	1,5 +—53—03	0,025	121
1 2 подрезка 1	9,27+—5E—03	1,44+—5E—03	0,025	121

Технологическое время на переход 0,502479+0,11 индекс
Технологическое время на операцию 4,10711 плюс время на установку и снятие детали, итого 4,45711
Количество деталей, шт/ч 13,4616
Подготовительно-заключительное время 2,49333 ч

К распечатке 10.1.

Помимо документа, подготовленного ЭВМ, в цех передается чертеж детали (рис. 10.2). Он отличается от обычного чертежа тем, что на нем не обозначены диаметры, линейные размеры и допуски на них. На чертеже указываются только обрабатываемые поверхности. Сделано это преднамеренно, чтобы сократить время, затрачиваемое инженером за чертежной доской. В отдельных случаях размеры все же приходится проставлять. Например, на рис. 10.2 проставлен размер (1,400±0,005) дюйм от торца детали. Необходимость простановки этого размера объясняется следующим. В документе, подготовленном ЭВМ (см. распечатку 10.1) для пятой позиции револь-

```
2 A/C PROCESS PLANNING SUMMARY

PART NAME SLEEVE                PART NUMBER  12345              DATE 01/01/81

FIRST CHUCKING  O.D. CHUCK      ENGINEER NICKS

MATERIAL GROUP C

SPEEDS SELECTED
 22  37  44  62  72  104  121  170  203  290  334  568

FEEDS SELECTED
                FEED            GEAR            FEED            GEAR
FEEDS 1 & 4      2.8E-03         22              .011            38
FEEDS 2 & 5      6E-03           27              .025            33
FEEDS 3 & 6      .015            33              .06             27

OPERATION DESCRIPTION
OPER            DIAMETER                LENGTH                  FEED      RPM

TURN & FACE FRT SLIDE, ROUGH CUT, STOP SPINDLE RAPID OFF, ,

 1  1  TURN A    9.27 +- 5E-03          1.5 +- 5E-03            .025      121
 1  2  FACE 1    9.27 +- 5E-03          1.44 +- 5E-03           .025      121
TIME FOR THIS OPERATION IS .502479  +  .11 INDEX

BORING MULTIPLE TOOLS, ROUGH CUT, STOP SPINDLE RAPID OFF, ,

 2  1  BORE D    7.84 +- 5E-03          1.49 +- 5E-03           .025      170
 2  2  BORE H    5.36 +- 5E-03          1.49 +- 5E-03           .025      170
TIME FOR THIS OPERATION IS .355294  +  .11 INDEX

TURN AND SLAB CUT, FINISH CUT, RAPID TURRET FACE OFF, ,

 3  1  SLAB E    7.5 +- .01             .06 +- 5E-03            6E-03     203
TIME FOR THIS OPERATION IS .0656815  +  .11 INDEX

TURNING MULTIPLE TOOLS, FINISH CUT, STOP SPINDLE RAPID OFF, ,

 4  1  TURN B    9 +- .01               .75 +- .01              .015      170
 4  2  CHAM D    7.84 +- 5E-03          .06 +- 5E-03            .015      170
TIME FOR THIS OPERATION IS .301961  +  .11 INDEX

BORE & FACE REAR SLIDE, FINISH CUT, REVERSE FEED OFF, ,

 5  1  BORE D    7.86 +- 2E-03          1.4 +- 5E-03            6E-03     203
 5  2  FORM C    8.738 +- 2E-03         .266 +- 2E-03           6E-03     203
TIME FOR THIS OPERATION IS 2.33169  +  .11 INDEX

TOTAL OPERATION IS 4.10711 PLUS LOAD & UNLOAD EQUALS 4.45711
TOTAL PARTS PER HOUR ARE 13.4616
SET UP ALLOWANCE IS 2.49333 HOURS
```

Распечатка 10.1.

```
2 A/C PROCESS PLANNING SUMMARY

PART NAME SLEEVE                PART NUMBER  12345             DATE 01/01/81

SECOND CHUCKING I.D. CHUCK      ENGINEER NICKS

MATERIAL GROUP C

SPEEDS SELECTED
 22  37  44  62  72  104  121  170  203  290  334  568

FEEDS SELECTED
               FEED            GEAR            FEED            GEAR
FEEDS 1 & 4     2.8E-03         22              .011            38
FEEDS 2 & 5     4.4E-03         22              .017            38
FEEDS 3 & 6     .015            33              .06             27

OPERATION DESCRIPTION
OPER           DIAMETER                LENGTH                FEED      RPM

TURNING MULTIPLE TOOLS, FINISH CUT, REVERSE FEED OFF, ,

 1  1  TURN A    9.249 +- 2E-03          2.34 +- .01          .011      170
 1  2  TURN F    8.75 +- .01             .49 +- .01           .011      170
TIME FOR THIS OPERATION IS 2.52406  +  .11 INDEX


SKIP INDEX TIME =.02

TURN & FACE FRT SLIDE, FINISH CUT, STOP SPINDLE RAPID OFF, ,

 3  1  FACE 2    8.75 +- .01             1.64 +- .01          .015      170
 3  2  CHAM H    5.38 +- 5E-03           .06 +- 5E-03         .015      170
TIME FOR THIS OPERATION IS .65098  +  .11 INDEX

RAPID ADVANCE - GROOVE, FINISH CUT, RAPID OFF, CARBIDE, LATE CROSS SLIDE

 4  1  GRV G     5.75 +- 2E-03           .185 +- 2E-03        2.8E-03   170
TIME FOR THIS OPERATION IS .451681  +  .15 INDEX

BORING SINGLE TOOL, FINISH CUT, REVERSE FEED OFF, ,

 5  1  BORE      5.38 +- 2E-03           1.43 +- 5E-03        .011      290
TIME FOR THIS OPERATION IS .909091  +  .11 INDEX

TOTAL OPERATION IS 5.03582 PLUS LOAD & UNLOAD EQUALS 5.38582
TOTAL PARTS PER HOUR ARE 11.1404
SET UP ALLOWANCE IS 2.17667 HOURS
```

Распечатка 10.2.

верной головки назначен резец 2, который вытачивает канавку диаметром (8,738±0,002) дюйм при длине резания (0,266±0,002) дюйм. Если обработка ведется инструментом, размещенным на основном суппорте, то длина резания одновременно определяет и положение обрабатываемой поверхности относительно базовой. В случае размещения режущего инструмента на поперечных суппортах необходимо указывать дополнительно расстояние от некоторой базовой поверхности до поверхности обработки. Таким образом, чертеж содержит минимум информации, без которой деталь невозможно изготовить.

Документ, подготовленный ЭВМ, упрощенный чертеж детали и требования к измерительному инструменту — вот все, что необходимо для выполнения операции. Требования к измерительному ин-

струменту могут быть запрограммированы, но проще отразить их на чертеже.

Инженер-технолог тратит 1 ч на обдумывание плана обработки детали, 15 мин — на ввод данных и подготовку с помощью ЭВМ технологической документации для обработки детали и 1 ч — на подготовку чертежа. Вся работа занимает 2 ч 15 мин.

10.3. ПРОГРАММА АС

Программа занимает 18441 байт оперативной памяти. Это самая большая программа из описанных в книге. Трудно дать к ней построчный комментарий, поэтому мы ограничимся описанием 11 различных модулей, из которых состоит программа и укажем, когда это необходимо, каким образом программа выполняет свои функции.

```
1 REM PROGRAM NAME A/C
2 REM WRITTEN BY J.E.NICKS
3 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
4 REM COPYRIGHT 1981 ALL RIGHTS RESERVED
10 DIMG(12),F(12),R(12),S(12),S1(12)
20 CLS:PRINT"THIS PROGRAM IS DESIGNED TO ASSIST THE ENG. IN PROCESS PLANNING"
30 PRINT"ON THE WARNER & SWASEY 2 A/C CHUCKER"
40 PRINT"THE PROGRAM WILL COACH THE ENGINEER THROUGH EACH STEP."
50 PRINT"FIRST, MATERIAL IS SELECTED FROM THE MATERIAL LIST."
60 PRINT"NEXT, SPEEDS AND FEEDS ARE SELECTED."
70 PRINT"THEN THE ENGINEER STARTS THE PROCESS PLANNING ROUTINE."
80 PRINT"THIS PROGRAM USES THE APPROACH OF THE A/C BEING TOOLED AS SHOWN BELOW:"
:PRINT
90 PRINT"PENTAGON FACES 1 , 2 & 3 ARE TOOLED FOR:"
100 PRINT"TURNING , BORING , DRILLING , REAMING AND THREADING"
110 PRINT"PENTAGON FACE 4 IS TOOLED FOR LATE CROSS SLIDE OPERATIONS."
120 PRINT"PENTAGON FACE 5 IS TOOLED WITH AN ADJUSTABLE BORING HEAD"
130 PRINT:PRINT
200 INPUT"PRESS ENTER TO SEE THE MATERIAL LIST";X
210 GOSUB20000
220 CLS:INPUT"PRESS ENTER TO SELECT FEEDS";X
230 GOSUB10000
240 CLS:INPUT"PRESS ENTER TO SELECT MACHINE SPEEDS";X
250 GOSUB15000
260 CLS:INPUT"ENTER THE DATE I.E. 01/01/81";B$
270 INPUT"ENTER THE PART NAME";B1$
275 INPUT"ENTER 1 FOR 1ST CHUCKING OR 2 FOR 2ND CHUCKING";M
276 IFM=1THENB5$="FIRST CHUCKING"ELSEB5$="SECOND CHUCKING"
277 INPUT"ENTER 1 FOR OD CHUCK OR 2 FOR ID CHUCK";M1
278 IFM1=1THENB6$="O.D. CHUCK"ELSEB6$="I.D. CHUCK"
280 INPUT"ENTER THE PART NUMBER";B1
290 INPUT"ENTER THE ENGINEER'S NAME";B2$
300 LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"2 A/C PROCESS PLANNING SUMMARY"
310 LPRINTCHR$(138):LPRINT"PART NAME ";B1$;,"PART NUMBER ";B1,"DATE ";B$
320 LPRINTCHR$(138):LPRINTB5$,B6$,"ENGINEER ";B2$
330 LPRINTCHR$(138):LPRINT"MATERIAL ";A$
340 LPRINTCHR$(138):LPRINT"SPEEDS SELECTED"
350 FORI=1TO12:LPRINTS(I);:NEXTI
360 LPRINTCHR$(138):LPRINT"FEEDS SELECTED"
370 LPRINT,"FEED","GEAR","FEED","GEAR"
380 LPRINT"FEEDS 1 & 4",F1,G1,F4,G4
390 LPRINT"FEEDS 2 & 5",F2,G2,F5,G5
400 LPRINT"FEEDS 3 & 6",F3,G3,F6,G6
410 LPRINTCHR$(138):LPRINT"OPERATION DESCRIPTION"
420 LPRINT"OPER","DIAMETER";TAB(40);"LENGTH";TAB(60);"FEED";TAB(70);"RPM":LPRINT
CHR$(138)
490 FORZ=1TO5
500 CLS:PRINT"PENTAGON FACES 1, 2 & 3', MULTIPLE TURNING HEAD"
501 PRINT"PENTAGON FACE 4 LATE CROSS SLIDE OPERATIONS"
502 PRINT"PENTAGON FACE 5 ADJUSTABLE BORING HEAD"
503 PRINT"YOU ARE NOW TOOLING PENTAGON FACE ";Z
```

Распечатка 10.3

```
510 PRINT"ENTER THE TYPE OPERATION YOU WISH TO WORK WITH"
520 PRINT"1-----TURNING"
530 PRINT"2-----BORING"
540 PRINT"3-----DRILLING"
550 PRINT"4-----REAMING"
560 PRINT"5-----THREADING"
570 PRINT"6-----TREPANNING"
580 PRINT"7-----SKIP INDEX"
590 INPUTX
600 ONXGOTO610,2000,3000,4000,4500,5000,5010
610 CLS:PRINT"TURNING OPERATIONS"
620 PRINT"ENTER THE TYPE TURNING OPERATION"
630 PRINT"1-----TURNING SINGLE TOOL"
640 PRINT"2-----TURNING MULTIPLE TOOLS"
650 PRINT"3-----TURNING AND DRILLING
670 PRINT"4-----TURNING AND CORE DRILLING"
680 PRINT"5-----TURN AND REAM"
690 PRINT"6-----TURN AND BORE"
700 PRINT"7-----TURN AND SLAB CUT"
710 PRINT"8-----TURN AND FACE FROM THE CROSS SLIDE"
720 PRINT"9----TURN AND FORM FROM THE CROSS SLIDE"
740 PRINT"9----TURN , FACE AND FORM"
750 INPUT"9----TURN , BORE , FACE AND FORM FROM THE CROSS SLIDE";X:CLS
760 ONXGOTO800,920,1080,1110,1140,1150,1160,1170,1280
800 CLS:P$="TURNING SINGLE TOOL":P3$="TURN"
810 INPUT"ENTER THE DIA. & TOLERANCE,SEPARATE BY A COMMA";D,D1
820 INPUT"ENTER THE LENGTH & TOLERANCE,SEPARATE BY A COMMA";L,L1
830 INPUT"ENTER 1 FOR ROUGH CUT OR 2 FOR FINISH CUT";N
840 IFN=1THENR=(TR*12)/(D*3.1416)ELSER=(TF*12)/(D*3.1416)
845 IFN=1THENP2$="ROUGH CUT"ELSEP2$="FINISH CUT"
850 GOSUB9000:GOSUB9200
860 T=((L+.02)/F)/R:T1=.11:T2=T+T1
865 TR=TA:TF=TB
870 INPUT"ENTER 1 FOR STOP SPIN., 2 FOR REV. FEED, 3 FOR RAPID OFF";N1
880 ONN1GOTO890,900,910
890 P1$="STOP SPINDLE RAPID OFF":GOTO8500
900 P1$="REVERSE FEED OFF":T=T*2:T2=T+T1:GOTO8500
910 P1$="RAPID TURRET FACE OFF":GOTO8500
920 CLS:P$="TURNING MULTIPLE TOOLS":P3$="TURN"
930 INPUT"ENTER THE NUMBER OF TOOLS";J
935 PRINT"ENTER THE LONGEST CUT FIRST"
936 PRINT"CUT NAMES SHOULD BE SHORT I.E. FACE A ,FORM B "
940 PRINT"ENTER THE LARGEST DIA. & LONGEST LENGTH FIRST"
945 FORI=1TOJ
946 INPUT"TYPE IN THE OPER. NAME I.E. BORE,DRILL,TURN ETC.";P3$(I)
950 INPUT"ENTER THE DIA. & TOLERANCE , SEPARATE BY A COMMA";D(I),D1(I)
960 INPUT"ENTER THE LENGTH & TOLERANCE , SEPARATE BY A COMMA";L(I),L1(I)
970 NEXTI
980 INPUT"ENTER 1 FOR ROUGH CUT OR 2 FOR FINISH CUT";N
990 IFN=1THENR=(TR*12)/(D(1)*3.1416)ELSER=(TF*12)/(D(1)*3.1416)
1000 IFN=1THENP2$="ROUGH CUT"ELSEP2$="FINISH CUT"
1010 GOSUB9000:GOSUB9200
1020 T=((L(1)+.02)/F)/R:T1=.11:T2=T+T1
1025 TR=TA:TF=TB
1030 INPUT"ENTER 1 FOR STOP SPIN.,2FOR REV. FEED,3 FOR RAPID OFF";N1
1040 ONN1GOTO1050,1060,1070
1050 P1$="STOP SPINDLE RAPID OFF":GOTO8500
1060 P1$="REVERSE FEED OFF":T=T*2:T2=T+T1:GOTO8500
1070 P1$="RAPID TURRET FACE OFF":GOTO8500
1080 P$="TURNING AND DRILLING":GOTO930
1110 P$="TURNING AND CORE DRILLING":GOTO930
1140 P$="TURNING AND REAMING":GOTO930
1150 P$="TURNING AND BORING":GOTO930
1160 P$="TURN AND SLAB CUT":GOTO930
1170 CLS:PRINT"TURNING & FACING"
```

Распечатка 10.3 (продолжение)

```
1180 PRINT"ENTER WHICH OPTION YOU WISH"
1190 PRINT"1----TURN & FACE FRONT SLIDE"
1200 PRINT"2----TURN & FACE REAR SLIDE"
1210 PRINT"3----TURN & FACE BOTH SLIDES"
1220 INPUT"4----TURN , BORE & FACE";X
1230 ONXGOTO1240,1250,1260,1270
1240 P$="TURN & FACE FRT SLIDE":GOTO930
1250 P$="TURN & FACE REAR SLIDE":GOTO930
1260 P$="TURN & FACE BOTH SLIDES":GOTO930
1270 P$="TURN,BORE & FACE":GOTO930
1280 CLS:PRINT"TURNING - BORING & FORMING"
1290 PRINT"NOTE ALL FORMING OPERATIONS ARE COMPLETED WITH FORMING SPEEDS"
1300 PRINT"ENTER THE OPTION YOU WISH TO USE"
1310 PRINT"1----TURN & FORM FRONT SLIDE"
1320 PRINT"2----TURN & FORM REAR SLIDE"
1330 PRINT"3----BORE & FORM FRONT SLIDE"
1340 PRINT"4----BORE & FORM REAR SLIDE"
1341 PRINT"5----TURN - BORE & FORM"
1342 PRINT"6----TURN - BORE - FACE & FORM"
1350 INPUTX
1360 ONXGOTO1370,1380,1390,1400,1401,1402
1370 P$="TURN & FORM FRT SLIDE":GOTO1410
1380 P$="TURN & FORM REAR SLIDE":GOTO1410
1390 P$="BORE & FORM FRT SLIDE":GOTO1410
1400 P$="BORE & FORM REAR SLIDE":GOTO1410
1401 P$="TURN - BORE - FORM R.S.":GOTO1410
1402 P$="TURN-BORE-FACE-FORM R.S.":GOTO1410
1410 CLS:INPUT"ENTER THE NUMBER OF TOOLS";J
1420 PRINT"ENTER THE LONGEST CUT FIRST----TIME IS CALCULATED ON THIS"
1430 FORI=1TOJ
1440 INPUT"TYPE IN THE OPER. NAME I.E. TURN A, FORM B, FORM C";P3$(I)
1450 INPUT"ENTER THE DIA. & TOLERANCE , SEPARATE BY A COMMA";D(I),D1(I)
1460 INPUT"ENTER LENGTH OF CUT & TOL., SEPARATE BY A COMMA";L(I),L1(I)
1470 NEXTI
1480 INPUT"TYPE 1 FOR HSS FORM TOOL OR 2 FOR CARBIDE";N
1490 IFN=1THENR=(FS*12)/(D(1)*3.1416)ELSER=(FC*12)/(D(1)*3.1416)
1500 IFN=1THENP4$="HIGH SS"ELSEP4$="CARBIDE"
1510 GOSUB9000:GOSUB9200
1520 T=((L(1)+.03)/F)/R:T1=.11:T2=T+T1
1530 PRINT"ENTER 1 FOR STANDARD CROSS SLIDE"
1540 PRINT"ENTER 2 FOR LATE CROSS SLIDE"
1550 INPUT"ENTER 3 FOR LATE CROSS SLIDE 2 ND FEED";N1
1560 ONN1GOTO1570,1580,1590
1570 P5$="STD CROSS SLIDE":GOTO1630
1580 P5$="LATE CROSS SLIDE":T1=.15:T2=T+T1:GOTO1630
1590 P5$="LATE C.S. 2ND FEED":T1=.15:T2=T+T1
1600 LPRINTCHR$(138):LPRINT"FIRST FEED FOR THIS OPERATION IS";F;"SECOND FEED IS
SHOWN IN THE FEED COL."
1610 INPUT"TYPE 1 TO SELECT THE SECOND FEED";U
1620 IFU=1THENGOSUB9200
1630 INPUT"ENTER 1 FOR ROUGH CUT OR 2 FOR FINISH CUT";V
1640 IFV=1THENP2$="ROUGH CUT"ELSEP2$="FINISH CUT"
1650 INPUT"ENTER 1 FOR STOP SPIN, 2 FOR REV FEED,3 FOR RAPID OFF";N1
1660 ONN1GOTO1670,1680,1690
1670 P1$="STOP SPINDLE":GOTO8500
1680 P1$="REVERSE FEED":T=T*2:T2=T+T1:GOTO8500
1690 P1$="RAPID OFF":GOTO8500
2000 CLS:PRINT"BORING OPERATIONS"
2010 PRINT"ENTER THE TYPE BORING OPERATION YOU WISH"
2020 PRINT"1----BORING SINGLE TOOL"
2030 PRINT"2----BORING MULTIPLE TOOLS"
2040 PRINT"3----BORING & FACING CROSS SLIDE"
2050 PRINT"3----BORING & FORMING CROSS SLIDE"
2060 PRINT"3----BORING , FORMING & FACING CROSS SLIDE"
2070 INPUT"4----BORING & GROOVING";X
```

Распечатка 10.3 (продолжение)

```
2100 ONXGOTO2110,2120,2130,2240
2110 P$="BORING SINGLE TOOL":P3$="BORE":TR=BR:TF=BF:GOTO810
2120 P$="BORING MULTIPLE TOOLS":P3$="BORE":TR=BR:TF=BF:GOTO930
2130 CLS:PRINT"BORING & FACING"
2140 PRINT"ENTER THE OPTION YOU WISH TO USE"
2150 PRINT"1----BORING & FACING FRONT SLIDE"
2160 PRINT"2----BORING & FACING REAR SLIDE"
2170 PRINT"3----BORING & FACING BOTH SLIDES"
2180 INPUT"4----BORING & FORMING";X
2190 ONXGOTO2200,2210,2220,2230
2200 P$="BORE & FACE FRT SLIDE":GOTO930
2210 P$="BORE & FACE REAR SLIDE":GOTO930
2220 P$="BORE & FACE BOTH SLIDES":GOTO930
2230 GOTO1280
2240 CLS:PRINT"ENTER THE OPTION YOU WISH"
2250 PRINT"1-----BORE THEN GROOVE"
2260 PRINT"2-----RAPID ADVANCE THEN GROOVE OR BACK FACE"
2265 PRINT"NOTE THE LENGTH OF CUT IS THE DEPTH OF GROOVE"
2270 INPUTX1
2280 ONX1GOTO2290,2300
2290 P$="BORE THEN GROOVE":GOTO1410
2300 P$="RAPID ADVANCE - GROOVE":GOTO1410
3000 CLS:PRINT"DRILLING MODULE"
3010 PRINT"ENTER THE NUMBER YOU WISH TO WORK WITH"
3020 PRINT"1-----DRILL HIGH SPEED STEEL"
3030 PRINT"2-----CORE DRILL - CORED HOLE"
3040 PRINT"3-----CORD DRILL - DRILLED HOLE"
3041 PRINT"4----DRILL & FACE"
3050 INPUTX
3060 ONXGOTO3070,3170,3270,3310
3070 CLS:P$="DRILL - HSS":P3$="DRILL"
3080 INPUT"ENTER THE DIA. & TOLERANCE SEPARATED BY A COMMA";D,D1
3090 INPUT"ENTER THE LENGTH & TOLERANCE SEPARATED BY A COMMA";L,L1
3100 R=(SD*12)/(D*3.1416)
3110 GOSUB9000:GOSUB9200
3120 T=((L+(D*.3))/F)/R:T1=.11:T2=T+T1
3130 INPUT"ENTER 1 FOR STOP SPINDLE OR 2 FOR RAPID OFF";N1
3140 ONN1GOTO3150,3160
3150 P1$="STOP SPINDLE RAPID OFF":GOTO8500
3160 P1$="RAPID TURRET FACE OFF":GOTO8500
3170 CLS:P$="CORE DRILL - CORED HOLE":P3$="CORE"
3180 INPUT"ENTER THE DIA. & TOLERANCE SEPARATED BY A COMMA";D,D1
3190 INPUT"ENTER THE LENGTH & TOLERANCE SEPARATED BY A COMMA";L,L1
3200 R=(CC*12)/(D*3.1416)
3210 GOSUB9000:GOSUB9200
3220 T=((L+.02)/F)/R:T1=.11:T2=T+T1
3230 INPUT"ENTER 1 FOR STOP SPINDLE OR 2 FOR RAPID OFF";N1
3240 ONN1GOTO3250,3260
3250 P1$="STOP SPINDLE RAPID OFF":GOTO8500
3260 P1$="RAPID TURRET FACE OFF":GOTO8500
3270 CLS:P$="CORE DRILL - DRILLED HOLE":P3$="CORE"
3280 INPUT"ENTER THE DIA. & TOLERANCE SEPARATED BY A COMMA";D,D1
3290 INPUT"ENTER THE LENGTH & TOLERANCE SEPARATED BY A COMMA";L,L1
3300 R=(CD*12)/(D*3.1416):GOTO3210
3310 CLS:PRINT"DRILL & FACE"
3320 PRINT"ENTER THE OPTION YOU WISH"
3330 PRINT"1----DRILL & FACE FRONT SLIDE"
3340 PRINT"2----DRILL & FACE REAR SLIDE"
3350 PRINT"3----DRILL & FACE BOTH SLIDES"
3360 INPUTX
3370 ONXGOTO3380,3390,3400
3380 P$="DRILL & FACE FRT SLIDE":GOTO930
3390 P$="DRILL & FACE REAR SLIDE":GOTO930
3400 P$="DRILL & FACE BOTH SLIDES":GOTO930
4000 CLS:PRINT"REAMING MODULE"
```

Распечатка 10.3 (продолжение)

```
4005 PRINT"NOTE OPTIONS 1 & 2 USE REAMING SPEEDS"
4010 PRINT"ENTER THE NUMBER YOU WISH TO WORK WITH"
4020 PRINT"1-----REAM HIGH SPEED REAMER"
4030 PRINT"2-----REAM CARBIDE REAMER"
4031 PRINT"3----REAM & FACE USING FACING SFPM"
4040 INPUTX
4050 ONXGOTO4060,4150,4190
4060 CLS:P$="REAM - HSS REAMER":P3$="REAM"
4070 INPUT"ENTER THE DIA. & TOLERANCE SEPARATED BY A COMMA";D,D1
4080 INPUT"ENTER THE LENGTH & TOLERANCE SEPARATED BY A COMMA";L,L1
4090 R=(RS*12)/(D*3.1416)
4100 GOSUB9000:GOSUB9200
4110 INPUT"ENTER 1 FOR STOP SPINDLE OR 2 FOR RAPID OFF";N1
4120 ONN1GOTO4130,4140
4130 P1$="STOP SPINDLE RAPID OFF":GOTO8500
4140 P1$="RAPID TURRET FACE OFF":GOTO8500
4150 CLS:P$="REAM - CARBIDE REAMER":P3$="REAM"
4160 INPUT"ENTER THE DIA. & TOLERANCE SEPARATED BY A COMMA";D,D1
4170 INPUT"ENTER THE LENGTH & TOLERANCE SEPARATED BY A COMMA";L,L1
4180 R=(RC*12)/(D*3.1416):GOTO4100
4190 CLS:PRINT"REAMING & FACING"
4200 PRINT"ENTER THE OPTION YOU WISH TO USE"
4210 PRINT"1----REAM & FACE FRONT SLIDE"
4220 PRINT"2----REAM & FACE REAR SLIDE"
4230 PRINT"3----REAM & FACE BOTH SLIDES"
4240 INPUTX
4250 ONXGOTO4260,4270,4280
4260 P$="REAM & FACE FRT SLIDE":GOTO930
4270 P$="REAM & FACE REAR SLIDE":GOTO930
4280 P$="REAM & FACE BOTH SLIDES":GOTO930
4500 CLS:P$="THREADING"
4510 PRINT"ENTER THE NUMBER NEXT TO THE THREADS PER INCH AND"
4515 PRINT"R.H. FOR RIGHT HAND OR L.H. FOR LEFT HAND, SEPARATE BY COMMA"
4520 PRINT"1---7 TPI       9---14 TPI"
4530 PRINT"2---8          10---16"
4540 PRINT"3---9          11---18"
4550 PRINT"4---10         12---20"
4560 PRINT"5---11         13---24"
4570 PRINT"6---11.5       14---27"
4580 PRINT"7---12         15---28"
4590 PRINT"8---13         16---32"
4600 INPUTX1,P3$
4610 ONX1GOTO4620,4630,3640,4650,4660,4670,4680,4690,4700,4710,4720,4730,4740,47
50,4760,4770
4620 S=TW:Q=7:P6$="7 TPI":P4$="64-UU-14":GOTO4780
4630 S=TX:Q=8:P6$="8 TPI":P4$="51  -  12":GOTO4780
4640 S=TX:Q=9:P6$="9 TPI":P4$="50  -  12":GOTO4780
4650 S=TX:Q=10:P6$="10TPI":P4$="49-U-12":GOTO4780
4660 S=TX:Q=11:P6$="11 TPI":P4$="39  -  10":GOTO4780
4670 S=TX:Q=11.5:P6$="11.5 TPI":P4$="39-U-10":GOTO4780
4680 S=TX:Q=12:P6$="12 TPI":P4$="46-U-12":GOTO4780
4690 S=TX:Q=13:P6$="13 TPI":P4$="44  -  12":GOTO4780
4700 S=TX:Q=14:P6$="14 TPI":P4$="35  -  10":GOTO4780
4710 S=TY:Q=16:P6$="16 TPI":P4$="46-O-14":GOTO4780
4720 S=TY:Q=18:P6$="18 TPI":P4$="25  -  8":GOTO4780
4730 S=TY:Q=20:P6$="20 TPI":P4$="48  -  16":GOTO4780
4740 S=TY:Q=24:P6$="24 TPI":P4$="34-U-12":GOTO4780
4750 S=TZ:Q=27:P6$="27 TPI":P4$="31  -  12":GOTO4780
4760 S=TZ:Q=28:P6$="28 TPI":P4$="35  -  14":GOTO4780
4770 S=TZ:Q=32:P6$="32 TPI":P4$="28  -  12":GOTO4780
4780 CLS:PRINT"ENTER THE NUMBER YOU WISH TO WORK WITH"
4790 PRINT"1-----THREAD SOLID TAP"
4800 PRINT"2-----THREAD INTERNAL COLLAPSIBLE"
4810 PRINT"3-----THREAD ENTERNAL DIE HEAD"
4820 INPUTX2
```

Распечатка 10.3 (продолжение)

```
4830 ONX2GOTO4840,4850,4860
4840 P5$="THREAD - SOLID TAP":GOTO4870
4850 P5$="THREAD - INTERNAL COLLAPSIBLE":GOTO4870
4860 P5$="THREAD - ENTERNAL DIE HEAD":GOTO4870
4870 INPUT"ENTER THE DIA. & TOLERANCE , SEPARATE BY A COMMA";D,D1
4880 INPUT"ENTER THE LENGTH & TOLERANCE, SEPARATE BY A COMMA";L,L1
4890 R=(S*12)/(D*3.1416):GOSUB9000
4900 F=1/Q:T=((L+.125)/F)/R:T1=.11:T2=T+T1
4910 IFX2=1THENT=T*2:T2=T+T1ELSE4920
4920 LPRINTCHR$(138)
4930 LPRINTP$;"  ";P6$;"                         GEARS"
4940 LPRINTCHR$(138)
4950 IFX2=1THEN4960ELSE4970
4960 P1$="REVERSE FEED OFF      ":GOTO8500
4970 P1$="RAPID TURRET FACE OFF":GOTO8500
5000 P$="TREPANNING":GOTO930
5010 LPRINTCHR$(138):LPRINT"SKIP INDEX TIME =.02"
5020 T2=.02:GOTO8520
8500 LPRINTP$;", ";P2$;", ";P1$;", ";P4$;", ";P5$:LPRINTCHR$(138):IFJ>0THEN8501E
LSE8510
8501 FORI=1TOJ
8502 LPRINTZ;I;" ";P3$(I),D(I);"+-";D1(I);TAB(40);L(I);"+-";L1(I);TAB(60);F;TAB(
70);R
8503 NEXTI
8504 GOTO8515
8510 LPRINTZ;1;" ";P3$,D;"+-";D1;TAB(40);L;"+-";L1;TAB(60);F;TAB(70);R
8515 LPRINT"TIME FOR THIS OPERATION IS";T; " + " ;T1;"INDEX"
8520 LPRINTCHR$(138):T3=T3+T2
8525 J=0:P4$="":P5$="":P2$="":P1$="":P3$=""
8530 NEXTZ
8540 CLS:PRINT"THE NEXT SECTION OF THE PROGRAM ADDS LOAD & UNLOAD TIMES"
8550 PRINT"TYPE IN THE NUMBER NEXT TO THE PART WEIGHT"
8560 PRINT"1-----UNDER 5 LBS."
8570 PRINT"2-----UNDER 10 LBS."
8580 PRINT"3-----UNDER 15 LBS."
8590 PRINT"4-----UNDER 20 LBS."
8600 PRINT"5-----OVER 20 LBS."
8610 INPUTH
8620 ONHGOTO8630,8640,8650,8660,8670
8630 H=.25:GOTO8680
8640 H=.35:GOTO8680
8650 H=.45:GOTO8680
8660 H=.55:GOTO8680
8670 H=.75:GOTO8680
8680 T4=T3+H:T5=60/T4
8690 LPRINT"TOTAL OPERATION IS";T3;"PLUS LOAD & UNLOAD EQUALS";T4
8700 LPRINT"TOTAL PARTS PER HOUR ARE";T5
8710 CLS:PRINT"THE LAST PART OF THE PROGRAM IS ADDING UP THE SET UP TIME"
8720 PRINT"AS THE SET UP DESCRIPTION APPEARS ON THE SCREEN,"
8730 PRINT"TYPE IN THE NUMBER OF TIMES IT IS USED OF 0 IF NOT USED."
8740 PRINT"NOTE-TO SHORTEN THE PROCESS SOME CONSTANTS ARE ADDED IN"
8750 PRINT:INPUT"INSTALL  TURRET SLIDE HEAD - FACING OR RECESSING CUT";MA
8760 MB=MA*16.5
8770 INPUT"OVER HEAD TURNING - CUTTER & HOLDER";MC
8780 MB=MB+(MC*10)
8790 INPUT"INSTALL BORING BAR & CUTTER";MD
8800 MB=MB+(MD*9.5)
8810 INPUT"INSTALL OVERHEAD CHAMFER CUTTER & HOLDER";ME
8820 MB=MB+(ME*6)
8830 INPUT"INSTALL BORING BAR CUTTER HEAD & CUTTER";MF
8840 MB=MB+(MF*5)
8850 INPUT"INSTALL DRILL , CORE DRILL , REAMER  OR TAP";MG
8860 MB=MB+(MG*5)
8870 INPUT"INSTALL FRONT OR REAR CROSS SLIDE CUTTER BLOCK & CUTTER";MH
8880 MB=MB+(MH*7)+64.6:MJ=MB/60
```

Распечатка 10.3 (продолжение)

```
8890 LPRINT"SET UP ALLOWANCE IS";MJ;"HOURS"
8900 END

9000 FORI=1TO12
9010 IFI=12ANDR>S(I)THEN9020ELSE9030
9020 S1=S(I):GOTO9110
9030 IFS(I)<RTHEN9100
9040 IFS(I)>RTHEN9050
9050 S1=(S(I)+S(I-1))/2
9060 IFS1<=RTHENS1=S(I)ELSE9080
9070 GOTO9110
9080 IFS1>RTHENS1=S(I-1)
9090 GOTO9110
9100 NEXTI
9110 R=S1
9120 RETURN
9200 CLS:PRINT@768,"FEED SELECTION"
9210 PRINT@832,F1;F2;F3;F4;F5;F6
9220 PRINT@896,"ENTER THE FEED NUMBER YOU WISH TO USE":INPUTX
9230 ONXGOTO9240,9250,9260,9270,9280,9290
9240 F=F1:RETURN
9250 F=F2:RETURN
9260 F=F3:RETURN
9270 F=F4:RETURN
9280 F=F5:RETURN
9290 F=F6:RETURN
10000 CLS:FORI=1TO12:READR(I):NEXTI
10010 DATA1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11
10020 FORI=1TO12:READG(I):NEXTI
10030 DATA17,43,22,38,27,33,33,27,38,22,43,17
10040 PRINT"ROW","FEED","ROW","FEED"
10050 FORI=1TO12:READF(I):PRINTR(I),F(I);,:NEXTI
10060 DATA.0019,.0077,.0028,.011,.004,.016,.006,.024,.008,.034,.012,.05
10070 INPUT"ENTER THE ROW NUMBER YOU WISH TO USE";I
10080 F1=F(I):F4=F(I+1):G1=G(I):G4=G(I+1)
10090 CLS:PRINT"ROW","FEED","ROW","FEED"
10100 FORI=1TO12:READF(I):PRINTR(I),F(I);,:NEXTI
10110 DATA.003,.012,.0044,.017,.006,.025,.009,.037,.013,.052,.019,.076
10120 INPUT"ENTER THE ROW NUMBER YOU WISH TO USE";I
10130 F2=F(I):F5=F(I+1):G2=G(I):G5=G(I+1)
10140 CLS:PRINT"ROW","FEED","ROW","FEED"
10150 FORI=1TO12:READF(I):PRINTR(I),F(I);,:NEXTI
10160 DATA.005,.019,.007,.028,.01,.04,.015,.06,.021,.084,.031,.124
10170 INPUT"ENTER THE ROW NUMBER YOU WISH TO USE";I
10180 F3=F(I):F6=F(I+1):G3=G(I):G6=G(I+1)
10190 RETURN
15000 CLS:PRINT"THE 2 A/C CHUCKER HAS 2 SETS OF RPM'S."
15010 PRINT"EACH SET HAS A HIGH AND A LOW SPEED RANGE"
15020 PRINT"                    875 RPM MOTOR SPEED"
15030 FORI=1TO12:READS(I):PRINTS(I),;:NEXTI
15040 DATA22,37,44,62,72,104,121,170,203,290,334,568
15050 PRINT:PRINT:PRINT"              1750 RPM MOTOR SPEED"
15060 FORI=1TO12:READS1(I):PRINTS1(I),;:NEXTI
15065 DATA44,74,88,124,144,208,242,340,406,580,668,1136
15070 INPUT"ENTER 1 TO USE THE 875 SET OR 2 TO USE THE 1750 SET";X
15080 IFX=2THEN15090ELSE15100
15090 FORI=1TO12:S(I)=S1(I):NEXTI
15100 RETURN
20000 CLS:PRINT"MATERIAL LIST"
20010 PRINT"1--GROUP A"
20020 PRINT"B-1112,C-1118,BRONZE (P-64)"
20030 PRINT:PRINT"2--GROUP B"
20040 PRINT"416 S.S.,C-1010-1015 TUBING,C-1019,C-1037,C-1041"
20050 PRINT"NAVAL BRONZE 73, BRONZE (TOBIN), CAST IRON (SOFT)"
20060 PRINT:PRINT"3--GROUP C"
```

Распечатка 10.3 (продолжение)

```
20070 PRINT"C-1040-45-50,A-4140-50,A-4340,A-4615,302,304 STAINLESS STEEL"
20080 PRINT"BRONZE (ALUM), CAST IRON (HARD), MALLEABLE IRON"
20090 PRINT"4--GROUP D,-----E-3310, E-4160, CAST STEEL"
20100 PRINT"5--GROUP E,-----C-1070, C-1090, MONEL"
20110 PRINT"6--GROUP F,-----ALUM, BRASS (FREE MACHINING)"
20120 PRINT:INPUT"ENTER THE NUMBER FROM 1 TO 6 THAT CORRESPONDS TO THE LETTER";N
20130 ONNGOTO20140,20170,20200,20230,20260,20290
20140 A$="GROUP A"
20150 TR=490:TF=560:TA=TR:TB=TF:BR=TR:BF=TF:SD=120:CD=150:CC=120:RS=60:RC=90:FS=
150:FC=320:TW=10:TX=20:TY=30:TZ=40
20160 RETURN
20170 A$="GROUP B"
20180 TR=420:TF=490:TA=TR:TB=TF:BR=TR:BF=TF:SD=80:CD=120:CC=100:RS=50:RC=75:FS=1
20:FC=320:TW=15:TX=25:TY=40:TZ=45
20190 RETURN
20200 A$="GROUP C"
20210 TR=320:TF=420:TA=TR:TB=TF:BR=350:BF=420:SD=60:CD=90:CC=80:RS=40:RC=60:FS=9
0:FC=245:TW=4:TX=8:TY=10:TZ=15
20220 RETURN
20230 A$="GROUP D"
20240 TR=245:TF=320:TA=TR:TB=TF:BR=260:BF=320:SD=50:CD=70:CC=60:RS=30:RC=45:FS=7
0:FC=220:TW=4:TX=8:TY=10:TZ=15
20250 RETURN
20260 A$="GROUP E"
20270 TR=220:TF=230:TA=TR:TB=TF:BR=175:BF=230:SD=50:CD=50:CC=50:RS=25:RC=35:FS=5
0:FC=200:TW=4:TX=5:TY=10:TZ=12
20280 RETURN
20290 A$="GROUP E"
20300 TR=1000:TF=TR:TA=TR:TB=TF:BR=TR:BF=TR:SD=200:CD=250:CC=200:RS=120:RC=180:F
S=250:FC=1000:TW=20:TX=50:TY=100:TZ=150
20310 RETURN
20320 REM VARIABLE NAMES TR=R TURN, TF=F TURN, FACE SAME AS TURNBR=R BORE, BF=F
BORE, SD=DRILL HSS, CD=CORE DRILLED,CC=CORED HOLE, RS=REAM HSS,RC=REAM CARBIDE,F
S=FORM HSS,FC=FORM CARBIDE, T=THD,TW=<7.5,TX=8-15,TY=16-24,TZ=>25
```

Распечатка 10.3 (продолжение)

Модули осуществляют выбор материала, подач и скоростей; ввод общих сведений о технологическом процессе; вывод на печать исходных данных; назначение режущего инструмента по гнездам пятипозиционной револьверной головки; выбор переходов; вывод на печать результатов решения задачи; выбор переходов для нарезания резьбы; расчет времени установки и снятия детали и подготовительно-заключительного времени (распечатка 10.3).

Выбор материала. Фирма — изготовитель станков, для которых написана эта программа, объединяет 34 различных материала в шесть групп. Программа делает то же самое.

Строка 200: INPUT«PRESS ENTER TO SEE THE MATERIAL»; X

Строка 210: GOSUB 20000

Программа выводит на экран перечень материалов, после чего пользователь должен ввести номер группы, к которой относится обрабатываемый материал. Подпрограмма также хранит все значения скоростей резания, рекомендованные фирмой для каждого материала. Так, в строке 20210 для материалов группы «С» переменная TR = 320, переменная TF = 420 и т.д. Переменная TR обозначает скорость резания, фут/мин, для грубого точения, переменная TF — для чистового точения. Примечания в строке 20320 помогают расшифровать имена переменных.

Выбор скорости резания или ее расчет осуществляется при решении любой задачи проектирования технологического процесса. В конкретной программе вопрос о том, выбирать скорость резания

или рассчитывать, должен решаться в зависимости от назначения программы и оснащения станка режущим инструментом.

Выбор подач. Кинематика станка обеспечивает 36 значений подач, шесть из которых могут быть использованы при обработке с одной установки. В строке 220 программа начинает процесс выбора подач

Строка 220: INPUT «PRESS ENTER TO SELECT FEEDS»; X
Строка 230: GOSUB 10000

При выполнении этой подпрограммы экран очищается и на нем появляется первый ряд значений подач. Затем ЭВМ запрашивает номер строки, в которую помещено значение подачи, необходимое инженеру. Выбор подач в патронном револьверно-токарном станке осуществляется путем установки в гитару сменных шестерней. В технологическом документе, изготовленном ЭВМ, указываются номера упоров, требуемые сменные шестерни и значения подач. Процесс выбора продолжается до тех пор, пока инженер не выберет 6 подач.

Выбор частоты вращения.

Строка 240: «SPEEDS»'; X INPUT «PRESS ENTER TO SELECT MACHINE,
Строка 250: GOSUB 15000

При выполнении этой подпрограммы на экране появляются два диапазона значений частоты вращения шпинделя. Пользователь должен выбрать один из них. Выбранные значения хранятся в памяти ЭВМ и используются при дальнейших расчетах.

Ввод общих сведений о технологическом процессе. Операторы в строках 260—290 позволяют инженеру ввести в программу наименование детали, ее номер, текущую дату и другие данные.

В целях экономии памяти в программе применяется интересный прием: постоянно используются одни и те же символьные переменные в операторах печати. Например:

Строка 277: INPUT «ENTER 1 FOR OD CHUCK OR 2 FOR ID CHИCK»; M1
Строка 278: IFM1 = 1 THEN B6S = «О.Д. CHUCK» ELSE B6S + + «ID CHUCK»·

Второй пример: переменная P$ используется в этой программе 48 раз.

Вывод на печать исходных данных. Этот модуль распечатывает на построчно-печатающем устройстве все данные, введенные с клавиатуры или выбранные из числа данных, хранимых в программе.

Назначение режущего инструмента по гнездам пятипозиционной револьверной головки

Строка 440: FOR Z = 1 TO 5

В этой строке начинается цикл FOR — NEXT, который продолжается до строки 8530. Цикл выполняется 5 раз, по числу позиций револьверной головки. На экран выводится информация об оснащении станка режущим инструментом, на основании которой пользователь выбирает вид обработки: 1) точение; 2) растачивание; 3) сверление; 4) развертывание; 5) нарезание резьбы и т. д.

Выбор переходов. Если пользователь выбрал «точение», управление передается на оператор в строке 610 и пользователь должен уточнить, какую операцию он выбрал: 1) точение одним резцом; 2) точение несколькими резцами; 3) точение и сверление; 4) точение и развертывание; 5) точение и растачивание; 6) точение и отрезка; 7) точение и обтачивание плоскости с использованием поперечного суппорта и т. д.

Программа учитывает 48 различных операций. Для каждой операции (кроме операций, выполняемых одним резцом) организуется новый цикл FOR — NEXT, который выполняется столько раз, сколько выбрано для данной позиции револьверной головки режущих инструментов. Число сочетаний операций практически бесконечно. Чтобы определить это число, автор даже написал короткую программу, но ЭВМ не смогла ее выполнить, так как она не воспринимает число комбинаций более 33! (факториал). Это гораздо меньше, чем требуется, хотя 33! — число с 39 нулями.

Если инженер выбрал операцию «точение несколькими резцами», то управление передается оператору в строке 920. Программа написана таким образом, что инженеру приходится вводить в нее с клавиатуры минимум данных. Большинство инженеров неплохо управляются с клавишами электронного калькулятора, но чувствуют себя менее уверенно за пишущей машинкой или клавиатурой дисплея.

Выбор вариантов движения рабочих органов станка, таких, как «остановка шпинделя», «реверсивная подача» или «быстрый отвод суппорта» осуществляется нажатием одной клавиши. Как только в ЭВМ введены все значения диаметров и длин резания, программа рассчитывает для данной операции частоту вращения шпинделя. Затем вызывается подпрограмма, начинающаяся со строки 9000. Подпрограмма сравнивает частоту вращения шпинделя со значениями, выбранными по паспорту станка, находит ближайшее значение и использует его при дальнейших вычислениях. После того как определен состав переходов для режущего инструмента, размещенного в данной позиции револьверной головки, управление передается оператору в строке 8500.

Вывод на печать результатов решения задачи. На операторы в строках 8000—8525 следует обратить особое внимание, поскольку именно они организуют вывод результатов решения задачи на печать. Их операнды — символьные переменные — используются в программе различными модулями. Например, переменная P$ хранит наименование операции и может иметь значение «точение», «растачивание» и т. д.

В строке 8525 символьным переменным присваивается значение «пустой» строки, прежде чем выполняется оператор NEXTZ в строке 8530.

Выбор переходов для нарезания резьбы. Хотя на распечатке с результатами работы программы отсутствуют операции, связанные с нарезанием резьбы, программа предусматривает выполнение следующих переходов: нарезание резьбы метчиком; нарезание внутрен-

ней резьбы резцом; нарезание внешней резьбы винторезной головкой. Выбор переходов, связанных с нарезанием резьбы, осуществляется в строках 4500—4970. В программе также хранятся данные о сменных шестернях, используемых при нарезании резьбы.

Расчет времени установки и снятия детали. После составления плана обработки детали и назначения режущего инструмента для каждой обрабатываемой поверхности пользователь выбирает нормативы времени на установку и снятие детали в зависимости от ее массы. Последний модуль программы рассчитывает время, необходимое для настройки станка в зависимости от ряда условий. Перечень условий отражается на экране и пользователь вводит 0 (нуль), если условие отсутствует, или цифру, показывающую, сколько раз данное условие выполняется (см. строки 8720—8900).

Программа представляет большой интерес с нескольких точек зрения. Она может быть использована с небольшими изменениями для широкой гаммы станков этого типа. Необходимо только изменить значения параметров режимов резания, хранимых в программе.

Эта программа типична для металлообработки. Целые семейства станков могут быть охвачены одной программой. При написании такой программы много труда уходит на то, чтобы разобраться в особенностях конкретного станка и найти такой универсальный подход к программированию, при котором программа охватит другие станки этого семейства или даже станки другого семейства. Эти замечания помогут вам правильно ориентироваться при выборе задач для микроЭВМ.

Для написания этой программы потребовалось 44 чел.-ч. Затраты времени могут показаться большими, но если программа используется в производстве, она окупится после решения 25—30 задач. В среднем использование микроЭВМ позволяет снизить трудоемкость на разработку технологического процесса на 1 — 1,25 ч.

Кроме того, чтобы написать такую программу, инженер-технолог должен очень хорошо изучить станок, для которого он проектирует технологический процесс. Это также приносит предприятию определенную пользу.

Упражнение 10.1 (наименее трудное). Написать программу обработки детали на горизонтальном фрезерном станке, используя в качестве прототипа предыдущую программу. Это упражнение отнесено к разряду наименее трудных, так как число различных операций, выполняемых на горизонтально-фрезерном станке, ограничено.

Упражнение 10.2 (средней трудности). Выбрать двухшпиндельный патронный револьверно-токарный станок с вертикальным расположением револьверной головки и написать для него программу.

Упражнение 10.3 (трудное). Написать программу, аналогичную программе, помещенной в этой главе, для шести- или восьмишпиндельного токарно-винторезного автомата. Подпрограмма, которая осуществляет выбор режимов резания, должна учитывать различные типы переходов.

Глава 11
РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ

11.1. КОНТРОЛЬ ДОПУСКОВ

При разработке нового технологического процесса важной задачей инженера является определение технологических размеров и допусков. Технологический размер — это размер, установленный технологом с учетом процесса обработки. Он отличается от размера, заданного на рабочем чертеже детали. Примерами технологических размеров могут служить:

размеры с учетом припусков на грубую обработку поверхности, после которой за чистовой проход получают размер, заданный конструктором;

размеры отливок и поковок, с обработки которых начинаются процессы изготовления деталей;

размеры, которые отсутствуют на чертежах и задаются для удобства обработки.

Технологические допуски — это допуски на технологические размеры. Они также устанавливаются инженером-технологом и отличаются от допусков, заданных на рабочих чертежах.

В этой главе сделан краткий обзор проблемы, рассмотрены методы построения диаграмм для контроля допусков и программа, с помощью которой этот процесс можно автоматизировать.

Мысль о необходимости проверять допуски на размеры деталей впервые возникла у Эли Уитни (*Eli Whitney*). Занимаясь производством мушкетов, он заложил основы системы взаимозаменяемости деталей. Концепция взаимозаменяемости деталей и создание станков, способных выпускать такие детали, привели к промышленной революции в Америке. Можно сказать, что Уитни стал фактически первым инженером-технологом. Однако потребовалось еще много лет для того, чтобы эволюция концепции взаимозаменяемости деталей привела к идее контролировать допуски на обрабатываемые размеры.

В настоящее время методы построения диаграмм для контроля допусков на обработку, возможно, относятся к числу наименее разработанных и потому редко используемых в работе инженера-технолога методов. Иногда на эту тему появляются статьи в журналах, время от времени можно встретить главу в технической книге, посвященную контролю допусков. Автору известна только одна монография по этой проблеме, написанная Оливером Р. Уэйдом, который обобщил весь известный к тому времени опыт и внес много нового в разработку проблемы. Именно благодаря его усилиям контроль

за допусками на обработку сегодня стал больше наукой, чем искусством.

Использование микроЭВМ при построении диаграмм для контроля допусков дает большие преимущества. Существенно сокращается время, необходимое инженеру для составления такой диаграммы. Однако возникает другая трудность: не все хорошо понимают алгоритм, реализуемый в программе. Всегда надо руководствоваться следующими правилами работы с ЭВМ: сначала разберитесь, как решается задача вручную, затем составляйте программы. Если вы не понимаете, каким образом получаются конечные результаты, то как вы можете знать, правильный или неправильный ответ выдает ЭВМ?

11.2. МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ДИАГРАММ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДОПУСКОВ

Диаграмма для контроля допусков позволяет определить линейные размеры и допуски в тех случаях, когда для изготовления детали или узла необходимо установить технологические размеры на обработку.

Сама диаграмма практически не изменилась за последние 30 лет. На рис. 11.1 приведен пример построения диаграммы. На диаграмме для обозначения плоскостей 1—3, от которых отсчитываются линей-

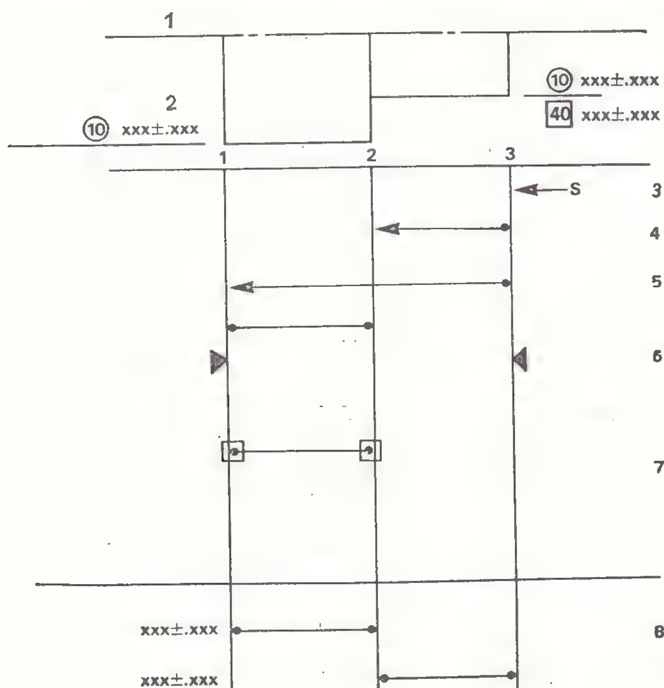


Рис. 11.1. Диаграмма для контроля допусков

ные размеры, все вертикальные линии на чертеже детали продолжаются вниз.

Диаметры и допуски на них фиксируются в верхней части диаграммы с указанием операции, после которой образуются эти размеры. Кружок с цифрой 10 означает, что диаметр был получен в результате обработки непосредственно на станке. Квадрат с цифрой 40 показывает, что размер был изменен после вспомогательной операции (гальванопокрытие, окраска и т. д.). Стрелка с буквой S означает, что в этом месте деталь будет отрезана от прутка или заготовки. Стрелка с точкой обозначает технологический переход. Точка определяет технологическую базу, от которой отсчитывается размер. Длина стрелки равна длине резания. Все переходы, сязанные с обработкой на станке, изображаются следующим образом. Две точки, соединенные прямой линией, обозначают искомый размер. Искомые размеры образуются в результате сложения или вычитания двух исходных размеров или одного исходного и ранее найденного искомого размера и для обозначения припуска, снятого с заданной поверхности обработки (см. рис. 11.3).

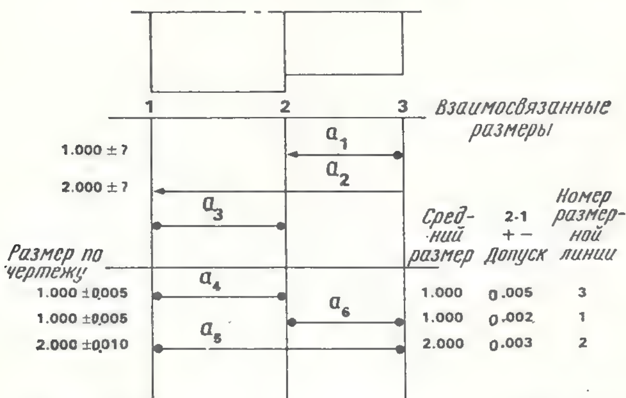


Рис. 11.2. Расчет размеров с учетом распределения допусков, заданных конструктором

Треугольники обозначают базовые точки. В данном случае они показывают расположение детали между центрами станка. Квадрат с точкой означает, что искомые размеры образуются после вспомогательной операции, такой, как термообработка, гальванопокрытие и т. д. Например, при термической обработке это может быть размер, обусловленный тепловым расширением детали. Размеры готовой детали обозначены так же, как искомые размеры в нижней части диаграммы.

На рис. 11.2 — 11.4 изображены примеры искомых размеров, образуемых после выполнения операционных переходов или снятия припуска на обработку.

Обратимся к рис. 11.2. Какие допуски должны быть назначены на размеры a_1 и a_2? Необходимо помнить, что погрешности взаимосвязанных размеров складываются. Если размер a_3 имеет по чертежу допуск ± 0,005 (размеры и допуски в дюймах), то поле этого допуска должно быть распределено между размерами 1 и 2:

$$a_1 = 1{,}000 \pm 0{,}002;$$

$$a_2 = 2{,}000 \pm 0{,}003.$$

Проверим это распределение поля допуска

$$a_2 - a_1 = a_3.$$

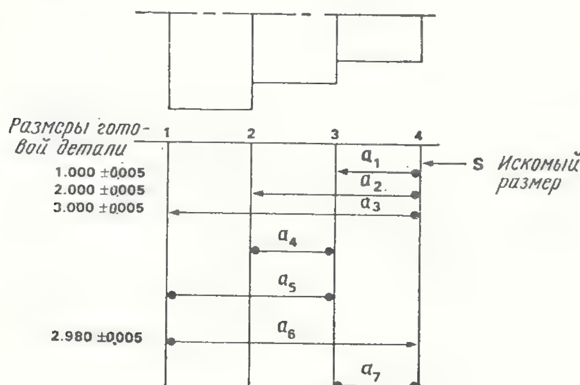


Рис. 11.3. Расчет размеров, образуемых после выполнения операционных переходов

Если размер a_2 — минимальный, а размер a_3 — максимальный, то

$$1{,}997 - 1{,}002 = 0{,}995,$$

если размер a_2 — максимальный, а размер a_1 — минимальный, то

$$2{,}003 - 0{,}998 = 1{,}005.$$

Определим среднее (номинальное) значение размера

$$\frac{0{,}995 + 1{,}005}{2} = 1{,}000.$$

Тогда верхнее отклонение допуска этого размера

$$1{,}005 - 1{,}000 = +0{,}005,$$

нижнее отклонение

$$0{,}995 - 1{,}000 = -0{,}005;$$

размер $a_3 = 1{,}000 \pm 0{,}005$.

Если установить для a_1 или a_2 допуски, заданные на чертеже, то размер a_3 выйдет за пределы этих допусков. По рис. 11.3:

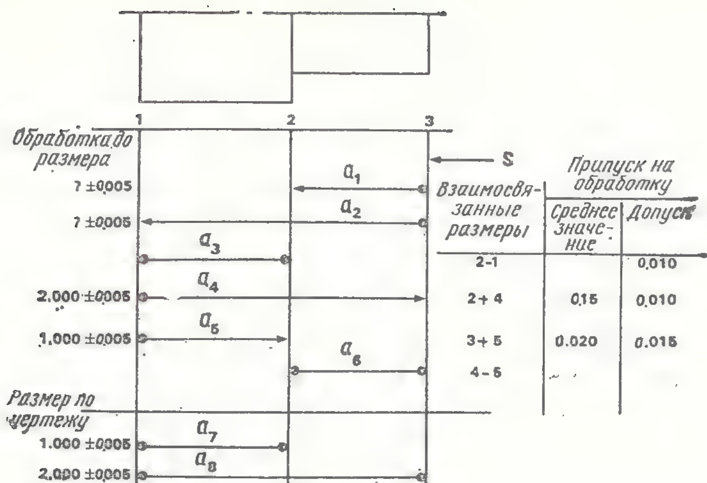


Рис. 11.4. Расчет искомых размеров, образуемых в результате снятия припуска

$$a_2 - a_1 = a_4;$$

$$a_3 - a_1 = a_5;$$

$$a_6 - a_5 = a_7.$$

Если после обработки $a_1 = 1{,}000 \pm 0{,}005$, $a_2 = 2{,}000 \pm 0{,}005$, $a_6 = 2{,}980 \pm 0{,}005$ и $a_3 = 3{,}000 \pm 0{,}005$, то:

$$a_2 - a_1 = a_4$$

$$1{,}995 - 1{,}005 = 0{,}990$$

$$2{,}005 - 0{,}995 = 1{,}010$$

$$\frac{0{,}990 + 1{,}010}{2} = 1{,}000$$

$$0{,}990 - 1{,}000 = -0{,}010$$

$$1{,}010 - 1{,}000 = +0{,}010$$

$$a_4 = 1{,}000 \pm 0{,}010$$

$$a_3 - a_1 = a_5$$

$$2{,}995 - 1{,}005 = 1{,}990$$

$$3{,}005 - 0{,}995 = 2{,}010$$

$$\frac{1{,}990 + 2{,}010}{2} = 2{,}000$$

$$1{,}990 - 2{,}000 = -0{,}010$$

$$2{,}010 - 2{,}000 = -0{,}010$$

$$\text{Размер } 5 = 2{,}000 \pm 0{,}10$$

$$a_6 - a_5 = a_7$$

$$2{,}975 - 2{,}010 = 0{,}965$$

$$2{,}985 - 1{,}990 = 0{,}995$$

$$\frac{0{,}965 + 0{,}995}{2} = 0{,}980$$

$$0{,}965 - 0{,}980 = -0{,}015$$

$$0{,}995 - 0{,}980 = +0{,}015$$

$$a_i = 0{,}980 \pm 0{,}015$$

Таким образом, после выполнения перехода 6 изменяется расстояние между плоскостями 3 и 4. Теперь оно равно размеру 7. Докажем это:

$$a_3 - a_6 = \text{припуск};$$

$$a_1 - \text{припуск} = a_7.$$

Если размер a_3 минимальный, а размер a_6 максимальный, то:

$$2{,}995 - 2{,}985 = 0{,}010.$$

Минимальный припуск равен 0,010 дюйм. Если размер a_3 максимальный, а размер a_6 минимальный, то:

$$3{,}005 - 2{,}975 = 0{,}030.$$

Максимальный припуск равен 0,030 дюйм. Если размер a_1 максимальный, а припуск минимальный, то:

$$1{,}005 - 0{,}010 = 0{,}995.$$

Если размер a_1 минимальный, а припуск максимальный, то:

$$0{,}995 - 0{,}030 = 0{,}965.$$

$$\frac{0{,}985 + 0{,}965}{2} = 0{,}980;$$

$$0{,}995 - 0{,}980 = +0{,}015;$$

$$0{,}965 - 0{,}980 = -0{,}015;$$

$$a_7 = 0{,}980 \pm 0{,}015.$$

Определим размер 1 по рис. 11.4. Он не входит в цепочку взаимосвязанных размеров, и допуск на него можно назначить произвольно. Предположим, размер 1 имеет допуск $\pm$ 0,005.

Размер a_6 имеет допуск $\pm 0{,}015$ (размеры 1,4 и 5). Добавим к этому еще 0,005;

$$+0{,}015 + 0{,}005 = +0{,}020.$$

Номинальный размер $a_1 = 1{,}000 - 0{,}020 = 0{,}980$.

С учетом допуска размер $a_1 = 0{,}980 \pm 0{,}005$

11.1. Зависимость допуска, дюйм, от способа обработки детали

Номер перехода	Номер размерной линии на диаграмме	Варианты обработки		
		1	2	3
1	1	+0,002	0,002	0,002
2	2	+0,002	0,002	0,002
3	3	+0,005	0,005	0,005
4	7	+0,009	0,002	0,005
5	8	+0,009	0,005	0,001
6	12	+0,001	0,001	0,002
7	16	+0,002	0,002	0,002

Определим размер a_2. Поскольку размеры a_2 и a_4 ограничены одними и теми же плоскостями, сложим допуск на размер a_2 ($\pm 0,005$) и допуск на размер a_4 ($\pm 0,005$), затем прибавим $+ 0,005$:

$$+0,005+0,005+0,005 = 0,015.$$

Размер a_2 больше размера a_4 на 0,015 и составляет $2,015 \pm 0,005$.

Выбор технологических баз. Для разрабатываемого технологического процесса он оказывает решающее влияние на распределение допусков, на возможность использовать полностью допуски, назначенные конструктором. Это очень важное решение, значение которого нельзя переоценить. Применение диаграмм для контроля допусков гарантирует учет зависимости между технологическими базами, длиной резания и размерами готовой детали. Очень часто инженер-технолог, разрабатывающий процесс обработки детали, упускает эту зависимость из вида. Построение диаграмм для контроля допусков важно в аэрокосмической промышленности, где многие сложные детали просто нельзя обрабатывать, не рассчитав сначала размеры обработки и допуски на них.

Инженеры-технологи, занятые в отраслях, где требования к обработке деталей не столь высоки, часто подходят к определению размеров и допусков упрощенно. Такая практика ведет к одному из двух нежелательных последствий: 1) цех выпускает дефектную продукцию, не подозревая об этом. Ошибка кроется в технологическом процессе, по которому работают рабочие; 2) допуски, заданные в технологической документации, не отражают оптимального распределения допусков, заданных на рабочих чертежах.

На рис. 11.5—11.7 представлены полностью законченные диаграммы на очень простую деталь. Диаграммы соответствуют различным технологическим процессам. Состав переходов и поверхности, обрабатываемые на каждом переходе, одинаковы для всех трех процессов. Меняются только технологические базы для двух последних переходов. Всего переходов семь. Постарайтесь ответить на вопрос, изменяются ли допуски на размеры обработки, если менять технологические базы. Затем рассмотрите табл. 11.1. В ней приведены значения допусков для каждого перехода. Обратите внимание на то, что

Номер 12345 Деталь Вал Инженер Никс

(20) 1.015 ± .005
(30) 1.000 ± .001
(10) 1.000 ± .005
(10) 1.500 ± .005 (40) 1.485 ± .005
(10) 2.000 ± .005

I	II	III	IV	V		1 2 3. 4. 5.	VI		VII	VIII	
1.	10	⊖	W&S	3.015	.002	1.		50	LID		
2.				2.015	.002	2.		50	LID		
3.				1.527	.005	3.		50	LID		
4.						4.	1.000	.004	1-2		
5.						5.	1.488	.007	1-3		
6.											
7.	20	⊖	HARD	3.000	.009	7.			1-7	.015	.011
8.				2.012	.009	8.		50	LID		
9.											
10.											
11.											
12.	30	⊖	O.D.GR	2.000	.001	12.			8-12	.012	.010
13.						13.	1.000	.010	7-12		
14.						14.	1.000	.005	12-4		
15.						15.	.512	.008	12-5		
16.	40	⊖	O.D.GR	.500	.002	16.			15-16	.012	.010
17.											
18.						18.	.500	.007	14-16		
19.											
20.											
21.											
22.											
23.											
24.											
25.											
26.											
27.											
28.											
29.											
30.											
31.											
32.											
33.											
34.											
35.											
36.	Размеры по чертежу						Технологические размеры				
37.				1.000	.010	37.	1.000	.010	13		
38.				.500	.002	38.	.500	.002	16		
39.				.500	.007	39.	.500	.007	18		
40.				1.000	.010	40.	1.000	.004	4		
41.				3.000	.010	41.	3.000	.009	7		
42.											
43.											
44.											
45.											
46.											
						Дата 1-1-81					

Рис. 11.5. Определение допусков для переходов 4 и 6 при обработке детали типа вала первым способом; общее число переходов 7:

I — строка; *II* — операция; *III* — вариант; *IV* — тип станка; *V* — обработка до размера (номинальный ± допуск); *VI* — искомый размер (номинальный ± допуск); *VII* — взаимосвязанные размеры; *VIII* — припуск на обработку (номинальный ± допуск)

Номер 12345 Деталь Вал Инженер Никс

(20) 1.015 ± .005
(40) 1.000 ± .001
(10) 1.000 ± .005
(10) 1.500 ± .005 (30) 1.485 ± .005
(10) 2.000 ± .005

I	II	III	IV	V		1 2 3 4 5	VI		VII	VIII	
1	10	1	W&S	3.006	.002	1		50	LID		
2				2.006	.002	2		50	LID		
3				1.518	.005	3		50	LID		
4						4	1.000	.004	1-2		
5						5	1.488	.007	1-3		
6											
7	20	1	HARD	3.000	.002				1-7	.006	.004
8				2.016	.009	8		50	LID		
9							2.000	.006	7-4		
10						10	.984	.011	7-8		
11						11	1.512	.009	7-5		
12.	30	1	O.D.GR	1.500	.001	12			11-12	.012	.010
13.						13	.500	.007	9-12		
14.											
15						17	.517	.012	12-10		
16.	40	1	O.D.GR.	.500	.002	16			17-16	.016	.014
17.											
18.						18	1.000	.003	12-16		
19.											
20.											
21.											
22.											
23.											
24.											
25.											
26.											
27.											
28.											
29.											
30.											
31.											
32.											
33.											
34.											
35.											
36.	Размеры по чертежу						Технологические размеры				
37.				1.000	.010	37	1.000	.003	18		
38				.500	.002	38	.500	.002	16		
39.				.500	.007	39	.500	.007	13		
40.				1.000	.010	40	1.000	.004	4		
41.				3.000	.010	41	3.000	.002	7		
42.											
43.											
44.											
45.											
46.											

Дата ______

Рис. 11.6. Определение допусков при обработке детали типа вала вторым способом (для переходов 4 и 6 выбрана новая технологическая база, обозначения см. на рис. 11.5)

Номер 12345 Деталь Вал Инженер Никс

(20) 1.015 ± .005
(40) 1.000 ± .001
(10) 1.000 ± .005
(10) 1.500 ± .005 (30) 1.485 ± .005
(10) 2.000 ± .005

I	II	III	IV	V		1 2 3 4 5	VI		VII	VIII	
1	10	2	W&S	3.010	.002	1.		50	LID		
2				2.010	.002	2.		50	LID		
3				1522	.005	3.		50	LID		
4						4	1.000	.004	1-2		
5						5	1.488	.007	1-3		
6											
7	20	2	HARD	3.000	.005	7			1-7	.010	.007
8				2.006	.001	8		50	LID		
9						9.	.994	.006	7-8		
10						10.	1.006	.005	8-4		
11.						11.	.518	.008	8-5		
12	30	2	0.06R	.506	.002	12			11-12	.012	.010
13						13.	1.500	.008	9-12		
14						14.	.500	.007	10-12		
15											
16.	40	2	0.06R	.500	.002	16.			12-16	.006	.004
17.											
18.						18.	1.000	.010	13-16		
19.											
20.											
21.											
22.											
23.											
24.											
25.											
26.											
27.											
28.											
29											
30.											
31.											
32.											
33											
34.											
35.											
36.	Размеры по чертежу						Технологические размеры				
37.				1.000	.010	37.	1.000	.010	18		
38				.500	.002	38.	.500	.002	16		
39				.500	.007	39.	.500	.007	14.		
40.				1.000	.010	40.	1.000	.004	4		
41.				3.000	.010	41.	3.000	.005	7		
42											
43.											
44.											
45.											
46											
						Дата ———					

Рис. 11.7. Определение допусков при обработке детали третьим способом (обозначения см. на рис. 11.5)

допуски в каждом примере разные и объясняется это сменой технологических баз при выполнении переходов 6 и 7.

В этих трех примерах допуски можно было распределить и другими способами, однако значения допусков на обработку зависят от способа обработки, выбранного инженером-технологом. Эту зависимость можно проследить, применяя диаграммы для контроля допусков.

Контроль допусков на угловые и радиальные размеры. Детали, имеющие поверхности, обработка которых требует задания угловых и радиальных размеров и осуществляется за несколько проходов, представляют особую сложность. В этих случаях надо использовать специальные формулы, приведенные в [11.2].

11.3. ПРОГРАММЫ TCHART1 И TCHART2

Специалисты фирмы «Дженерал Моторс» разработали программу построения диаграмм для контроля допусков. Однако пользоваться программой могут только отделения фирмы.

Марк Олдер и Майк Ля Пирри, два студента Государственного колледжа в Мичигане, написали программу для построения диаграмм, приведенную ниже. Каждый из авторов потратил по несколько сот часов на постановку и программирование этой задачи. В результате их совместных усилий была создана одна из самых сложных программ для микроЭВМ.

Для пользователя микроЭВМ с объемом оперативной памяти 32К байт доступны лишь 21910 байт памяти. Поскольку программа требует большей памяти для размещения, авторы нашли следующий остроумный выход. Программа разделена на две части, которые последовательно считываются в память ЭВМ. Первая часть TCHART1 занимает 11157 байт памяти, вторая часть TCHART2 — 11336 байт. После того как программа TCHART1 рассчитает все искомые размеры, она создает последовательный файл, в который записывает значения всех переменных. Когда файл создан, память ЭВМ очищается и в нее автоматически вводится программа TCHART2. Значения переменных считываются с файла и таким образом восстанавливаются. Программа готова к продолжению расчетов. Ниже приведен сценарий работы с программой и результаты расчетов по ней. В качестве примера выбрана деталь, изображенная на рис. 11.5. Технологические базы для операционных переходов 6 и 7 вновь изменены, чтобы показать четвертый способ обработки этой детали.

Сценарий работы с программой. 1. Программа спрашивает пользователя, нужны ли ему инструкции. Если ответ утвердительный, программа выводит на экране текст, который объясняет как работает программа, что такое искомый размер, какие символы используются при построении диаграммы для контроля допусков и каким образом обозначаются на диаграмме плоскости, между которыми ведется обработка.

2. Пользователь вводит данные о количестве операционных переходов и размеров, проставленных на чертеже.

3. Программа запрашивает размеры допусков для типичных переходов. Эти допуски используются в программе в качестве базовых допусков, кроме тех случаев, когда допуск на конкретный переход не является частью суммарной погрешности нескольких размеров. Значения рабочих допусков выводятся на печать в виде промежуточного документа — рабочей карты.

4. Пользователь вводит число плоскостей на детали, между которыми ведется обработка. На экране появляется изображение этих плоскостей.

5. Пользователь вводит данные о каждом операционном переходе, оперируя номерами плоскостей. Например, первый переход выполняется от плоскости 1 до плоскости 5. После того как данные о переходе введены, он отображается на экране линией со стрелкой и точкой на концах. Точка определяет технологическую базу, от которой отсчитывается размер. Стрелка указывает на плоскость, образующуюся в результате резания. Процесс продолжается, пока не будут введены данные о всех переходах. Если какая-либо плоскость детали не является результатом выполнения перехода, программа выдает сообщение о необходимости произвести ввод данных повторно и дополнить недостающую информацию.

6. Пользователь вводит размеры с чертежа детали и допуски на каждый переход, используя номера плоскостей. Эти данные также отображаются на экране.

7. После того как ввод данных завершен, экран очищается от информации и на нем появляется сообщение: ЭВМ рассчитывает искомые размеры; ЭВМ распределяет допуски.

8. На этом шаге программа записывает значения всех переменных в файл на диск и загружает в память вторую часть программы TCHART2.

9. После того как TCHART2 загружена в память и значения переменных считаны с файла на диске, пользователь должен ответить на вопрос: нужны ли ему инструкции для работы с диаграммой (см. распечатки 11.1—11.2).

На печать выводится рабочая карта, которая содержит допуски на все переходы (см. распечатки 11.2, 11.3).

ЭВМ предварительно распределяет допуски по всем взаимосвязанным переходам, т. е. переходам 1,2, 4, 6 и 7. Для переходов 3 и 5 допуски не назначены, так как они не связаны с другими переходами и не участвуют в формировании суммарной погрешности.

Пользователь может скорректировать по своему усмотрению любой допуск, назначенный ЭВМ. Допуск на переходы 6 и 7 увеличивается на + 0,0002. Верхнее отклонение допуска 0,0005, нижнее — — 0,0003 дюйм. После этой корректировки необходимо изменить допуск на переход 4, так как переходы 4,6 и 7 создают размер, заданный на чертеже: (5±0,002) дюйм. Поскольку допуск на переход 6 был увеличен, следует также скорректировать допуски на перехо-

WORKSHEET INSTRUCTIONS

INTRODUCTION :

THE CHART ON THE WORKSHEET SHOWS THE BLUEPRINT DIMENSION AND TOLERANCE AS ORIGINALLY INPUTED, ALONG WITH THE NEW TOLERANCE THAT YOU MAY EXPECT AS A RESULT OF THE 'MACHINE CUT' TOLERANCES THAT ARE LISTED BELOW THE CHART.

THE 'MACHINE CUT' TOLERANCES WERE DERIVED PROPORTIONALLY, USING (1) THE ORIGINAL BLUEPRINT TOLERANCE, (2) THE MACHINE CUTS INVOLVED IN CREATING THIS DIMENSION, AND (3) THE TYPE OF MACHINING TAKING PLACE AT EACH CUT.

AN '*' HAS BEEN PLACED UNDER EACH MACHINE CUT THAT THE COMPUTER HAS DETERMINED IS INVOLVED IN CREATING THIS DIMENSION.

AT THIS POINT, THE COMPUTER HAS DONE AS MUCH AS POSSIBLE, AS FAR AS DISTRIBUTING TOLERANCES MATHEMATICALLY. IT IS UP TO YOU TO MAKE ANY NECESSARY CHANGES.

INSTRUCTIONS :

LET US SAY, FOR EXAMPLE, THAT WE HAVE A BLUEPRINT TOLERANCE OF .005 AND A NEW TOLERANCE OF .004. WE WISH TO MAKE A CHANGE TO INCREASE THE NEW TOLERANCE TO USE THE FULL .005.

(1) LOOK AT ALL THE MACHINE CUTS INVOLVED WITH THIS DIMENSION (AS MARKED '*') AND DETERMINE WHICH OF THESE CUT TOLERANCES YOU WISH TO INCREASE BY .001.
NOTE: THE .001 MAY BE DISTRIBUTED OVER MORE THAN ONE MACHINE CUT IF YOU SO DESIRE.

(2) NEXT TO THE '*', FOR THE MACHINE CUT THAT YOU HAVE CHOSEN, WRITE IN '+.001'.

(3) NOW FOLLOW THIS MACHINE CUT COLUMN UP AND DOWN, PUTTING A '+.001' WHEREVER THERE IS A '*' IN THAT COLUMN.

(4) TAKE NOTE THAT WHEREVER YOU HAVE ENTERED A '+.001', THE TOLERANCE OF THAT BLUEPRINT DIMENSION IS ALSO INCREASED BY .001.

(5) ADD THE .001 TO THAT MACHINE CUT IN THE BOTTOM TABLE.

(6) CONTINUE ON WITH ANY OTHER NEW TOLERANCES THAT YU WISH TO INCREASE OR DECREASE.

(7) ADD OR SUBTRACT ANY CHANGES IN THE BOTTOM CHART TO GET THE NEW TOLERANCE FOR EACH MACHINE CUT.

(8) ASSIGN WHATEVER TOLERANCE YOU DESIRE FOR MACHINE TOLERANCES MARKED 'NONE', AS THESE CUTS ARE NOT DIRECTLY INVOLVED IN BLUEPRINT TOLERANCES.
NOTE: KEEP IN MIND-(A) THE HIGHER THE TOLERANCE, THE HIGHER THE STOCK REMOVAL, AND (B) THE MINIMUM TOLERANCE OF THIS OPERATION SHOULD BE OBEYED.

(9) INPUT THE NEW TOLERANCES TO RECEIVE AND UPDATED CHART INCORPORATING THE CHANGE. (YOU WILL BE ABLE TO MAKE FURTHER CHANGES IF NECESSARY.)

OPERATION TYPES

TYPE	NAME	MIN. TOL.
1)	ROUGH CUTS	.0100
2)	SEMI FINSH CUTS	.0050
3)	FINISH CUTS	.0030
4)	ROUGH GRINDS	.0020
5)	FINISH GRINDS	.0010

← Начальные значения допусков.

REFER TO THIS TABLE WHEN ASKED FOR THE TYPE OF CUT.

Распечатка 11.1.

Инструкции по работе с картой

Введение

В карте распределения допусков указаны размеры готовой детали вместе с технологическими размерами, учитывающими допуски, приведенные в нижней части таблицы.

Технологические размеры определены: (1) с учетом пропорционального распределения поля допуска, заданного конструктором, (2) взаимосвязи размеров, (3) типа обработки, выполняемой на каждом операционном переходе.

Знаком «*» помечены операционные переходы, образующие данный размер.

К этому моменту ЭВМ выполнила предварительное формальное распределение допуска между размерами. Теперь вы должны внести необходимые изменения.

Предположим, допуск по чертежу составляет 0,005, а допуск на обработку 0,004; необходимо увеличить технологический допуск до 0,005

(1) Рассмотрим все операционные переходы, связанные с формированием этого размера (они помечены знаком «*»), и определим, для какого перехода мы хотели бы увеличить допуск на 0,001.

Допуск 0,001 при желании может быть распределен по двум и более переходам.

(2) Рядом со знаком «*» напишите «+0,001» для выбранного операционного перехода.

(3) Теперь просмотрите соответствующий столбец сверху вниз, помещая «+0,001» везде, где встречается знак «*».

(4) Помните, что везде, где добавлено +0,001, допуск на длину резания для заданного перехода также увеличился на 0,001.

(5) Добавьте 0,001 к заданному операционному переходу в нижней части таблицы.

(6) Повторите процедуру внесения изменений для других технологических допусков, если в этом есть необходимость.

(7) Добавьте или вычтите любые изменения в нижней части таблицы, чтобы получить новый допуск на каждый операционный переход.

(8) Назначьте любой допуск на переходы, отмеченные словом «нет», поскольку они не влияют на размеры, заданные на чертеже.

С увеличением допуска растет припуск на обработку. Необходимо выдерживать минимальный допуск, установленный для данного перехода.

(9) Введите новые значения допусков в ЭВМ, чтобы получить скорректированную карту (для внесения необходимых изменений).

Типы обработки

Тип	Наименование	Минимальный допуск	
1)	Грубое точение	0,0100	
2)	Получистовое точение	0,0050	
3)	Чистовое точение	0,0030	Начальные значения допусков
4)	Грубое шлифование	0,0020	
5)	Чистовое шлифование	0,0010	

Используйте эту таблицу, когда ЭВМ запрашивает тип обработки.

К распечатке 11.1.

ды 1 или 2. Переходы 1,2 и 6 формируют размер по чертежу, равный (5+0,007) дюйм. В результате допуск на переход 1 уменьшается на 0,0003 дюйм. Назначаются допуски на переходы 3 и 5.

10. Как только инженер закончил распределение допусков, новые значения должны быть введены в ЭВМ.

11. На печать выводится новая рабочая карта, и инженер должен ответить на вопрос, будет ли он вносить дополнительные изменения. Если перед этим инженер сделал ошибку и превысил погреш-

WORKSHEET FOR TOLERANCE DISTRIBUTION

BLUEPRINT DIMEN.+/-TOLER.	MACHINE CUTS 1	2	3	4	5	6	7
1 +/-.0100 (NEW) +/-.0003							*
.5 +/-.0020 (NEW) +/-.0020				*		*	*
.5 +/-.0070 (NEW) +/-.0070	*	*				*	
1 +/-.0100 (NEW) +/-.0067	*	*					
3 +/-.0100 (NEW) +/-.0014				*			

MACHINE CUT	+/- TOLERANCE	CHANGES	= NEW TOLERANCE
1	.0034	-.0003	.0031
2	.0034		
3	NONE	+.005	.005
4	.0014	-.0004	.001
5	NONE	+.005	.005
6	.0003	+.0002	.0005
7	.0003	+.0002	.0005

Распечатка 11.2.

Карта распределения допусков

Размер по чертежу +/— допуск	Операционные переходы 1	2	3	4	5	6	7
1+/—0,0100 (новый допуск) +/—0,0003							*
0,5 +/—0,0020 (новый допуск) +/—0,0020				*		*	*
0,5 +/—0,0070 (новый допуск) +/—0,0070	*	*				*	
1 +/—0,0100 (новый допуск) +/—0,0067	*	*					
3 +/—0,0100 (новый допуск) +/—0,0014				*			

Переход	+/—допуск	Изменения	=Новый допуск
1	0,0034	—0,0003	0,0031
2	0,0034		

и т. д.

К распечатке 11.2.

WORKSHEET FOR TOLERANCE DISTRIBUTION

BLUEPRINT DIMEN.+/-TOLER.	MACHINE CUTS 1	2	3	4	5	6	7
1 +/-.0100 (NEW) +/-.0005							*
.5 +/-.0020 (NEW) +/-.0020				*		*	*
.5 +/-.0070 (NEW) +/-.0070	*	*				*	
1 +/-.0100 (NEW) +/-.0065	*	*					
3 +/-.0100 (NEW) +/-.0010				*			

MACHINE CUT	+/- TOLERANCE	CHANGES	= NEW TOLERANCE
1	.0031		
2	.0034		
3	.0050		
4	.0010		
5	.0050		
6	.0005		
7	.0005		

Распечатка 11.3.

ность обработки, заданную конструктором, ЭВМ сообщает ему о характере ошибки и как ее исправить. Если ошибок не было и инженер-технолог удовлетворен достигнутым распределением допусков, программа переходит к следующему шагу.

12. ЭВМ просит инженера ввести дополнительную информацию об обработке плоскостей детали. Пользователь должен сообщить программе, подрезается ли плоскость справа или слева. В зависимости от этого значение припуска добавляется или вычитается из размера обработки.

13. На экране появляется перечень всех переходов, во время которых снимается припуск, и минимальное значение припуска для обрабатываемой поверхности. Затем инженер увеличивает минимальный припуск. Это приращение добавляется или вычитается ЭВМ из соответствующих размеров.

14. Инженер вводит номинальные размеры для каждого перехода.

15. На последнем шаге распечатывается окончательный вариант диаграммы для контроля допусков.

Написание сценария потребовало гораздо больше времени, чем реализация его на машине.

```
================================================================================
MACHINE CUTS & BALANCE DIMENSIONS

LINE
 NO.

       1         2         3         4         5      +/-   LINE
       |         |         |         |         |      TOL   INV.
 1     |*--------+---------+---------+-------->|     .0031 SOLID
 2     |*--------+---------+-------->|         |     .0034 SOLID
 15    |         |         |         o---------o     .0065  1-2
 3     |*--------+-------->|         |         |     .0050 SOLID
 18    |         |         o---------+---------o     .0081  1-3
 4     |<--------+---------+---------+---------*     .0010  1
 5     |         |<--------+---------+---------*     .0050 SOLID
 17    o---------o         |         |         |     .0060  4-5
 6     |         |         |<--------+---------*     .0005  18
 13    o---------+---------o         |         |     .0015  4-6
 16    |         |         o---------o         |     .0070  6-15
 7     |*------->|         |         |         |     .0005  17
 14    |         o---------o         |         |     .0020 13-7
       |         |         |         |         |
================================================================================
BLUEPRINT DIMENSIONS
                                                    LINE.INV.
       1         2         3         4         5
       |         |         |         |         |
 8     *---------*         |         |         |      7
 9     |         *---------*         |         |      14
 10    |         |         *---------*         |      16
 11    |         |         |         *---------*      15
 12    *---------+---------+---------+---------*      4
       |         |         |         |         |

================================================================================
PROCESS DIMENSIONS AND TOLERANCES

 CUT
NUMBER          DIMENSION +/- TOLERANCE
  1                3.0080 +/- .0031
  2                2.0080 +/- .0034
  3                1.5160 +/- .0050
  4                3.0000 +/- .0010
  5                2.0080 +/- .0050
  6                1.5000 +/- .0005
  7                1.0000 +/- .0005
```

Окончательные результаты работы программы представлены в виде традиционной диаграммы для контроля допусков

Распечатка 11.4.

```
5 '
10 '       TCHART      PART # 1
11 '
15 '           WRITTEN BY
16 '
17 '         MARK E. ALDER
18 '              &
19 '       MIKE A. LA PIERRE
20 REM COMPUTER APPLICATIONS FOR THE MANUFACTURING ENGINEER
21 CLS:FOR I=1 TO 6:PRINT:NEXT:PRINTCHR$(23)TAB(5)"TOLERANCE CHART":PRINTTAB(5)"
===============" 
22 PRINT:PRINTTAB(8)"WRITTEN BY":PRINTTAB(6)"MARK E. ALDER":PRINT TAB(3)"MICHAEL
 A. LA PIERRE"
23 PRINT:PRINT"  COPYRIGHT (C) 1981 ALL RIGHTS RESERVED"
```

Распечатка 11.5

```
24 CLEAR175
25 IF INKEY$=""THEN25
26 CLS:PRINTTAB(23)"TOLERANCE CHART":PRINT:INPUT"DO YOU WISH TO REVIEW THE 'INTR
ODUCTION/INSTRUCTION' (Y/N)";A$:IFA$<>"Y"ANDA$<>"N"THEN26ELSEIFA$="Y"THENGOSUB15
00
27 CLS:PRINT"SEVERAL INPUTS ARE REQUIRED TO START.....":PRINT:INPUT"ENTER THE NU
MBER OF MACHINE CUTS TO MAKE THIS PART";Z8:PRINT:INPUT"ENTER THE TOTAL NUMBER OF
 BLUEPRINT DIMENSIONS";Z9
28 IFZ9<Z8THENZ9=Z8
30 DIMT(Z8+5,7),P(Z9+5,7),B(75,7),L(25,2),A$(80):C$=".####":IFA$="Y"THENGOSUB160
0:GOSUB1210:ELSEGOSUB1210
40 REM SUB TO PRINT PLANE LINES
41 CLS:PRINT"YOU WILL NOW BE ASKED TO INPUT THE LOCATING SURFACE AND THE SUR-FAC
E TO BE CUT, FOR EACH MACHINE CUT, ALONG WITH THE TYPE OF CUT(FROM THE TABLE JUS
T PRINTED OUT).":PRINT:PRINT"SIMPLY HIT 'ENTER' WHEN ALL CUTS HAVE BEEN ENTERED.
":GOSUB2000
50 PRINT:INPUT"HOW MANY SURFACES ARE GOING TO BE MACHINED ON THIS PART";A1:IFA1<
31ANDA1>2THEN70ELSECLS:IFA1>30THENG$="MAXIMUM OF 30"ELSEG$="MINIMUM OF 3"
60 PRINT:PRINTTAB(5)"*** ENTRY ERROR ***":PRINT:PRINT"THIS HAS A ";G$;" PLANES":
PRINT:PRINT"PLEASE TRY AGAIN":GOSUB2000:GOTO50
70 DIMOR(A1):AA=INT(64/(A1+1)):CLS:A3=1:A2=A1:GOTO120
80 CLS:A3=1:A2=A1:FORC1=1TOA1:FORC=1TOB-1:IFT(C,3)=C1THENNEXTC1:IFLP<>0THEN100EL
SE265ELSENEXTC
90 PRINT"PLANE NUMBER";C1;"HAS NOT BEEN CUT":LP=LP+1:NEXTC1
100 PRINT:PRINT"PLEASE REDO AND CUT THESE":GOSUB2000:B=0:CN=0:Y=0:N=0
110 REM SUB FOR MACHINE CUTS
120 LP=0:CLS:GOSUB390
130 B=B+1:PRINT@953,"* ":PRINT@916,"*   ";:PRINT@960,"NUMBER OF CUTS MADE:";B-1;
:PRINT@932,"*   ";:PRINT@896,"LOCATING SURFACE NO.";:INPUTT(B,2):IFT(B,2)=0THEN8
0ELSEIFT(B,2)>A1ORT(B,2)<0THENB=B-1:GOTO130ELSECN=CN+1
140 PRINT@920,"MACHINE TO";:INPUTT(B,3):IFT(B,3)>A1ORT(B,3)=T(B,2)ORT(B,3)<1THEN
140ELSET(B,1)=CN
150 PRINT@940,"TYPE OF CUT";:INPUTRE:IFRE>5THEN150ELSEIFA(RE)=0THEN150ELSET(B,6)
=A(RE):Y=Y+1:N=N+64:IFT(B,3)>T(B,2)THENA$=">"ELSEA$=" <"
160 IFT(B,2)>T(B,3)THEN170ELSEPRINT@(((AA*T(B,2)))+N+1),"-";:A2=T(B,3):A3=T(B,2)
:GOTO180
170 A2=T(B,2):A3=T(B,3):PRINT@(((AA*T(B,3)))+N+1),"-";
180 FORA=1TO((AA*ABS(T(B,2)-T(B,3)))-2):PRINT"-";:NEXT:IFA$=">"THENPRINT@(((AA*T
(B,2)))+N)," *";:PRINT@(((AA*T(B,3)))+N-1),A$;ELSEPRINT@(((AA*T(B,2)))+N-1),"*";
:PRINT@(((AA*T(B,3)))+N),A$;
190 IFY=13THENPRINT@896,STRING$(60," ");:FOR C=1 TO 12:PRINT:NEXT:PRINT@0,STRING
$(60," ");:PRINT@64,"CUT";:PRINTB;:N=128:Y=2:A3=1:A2=A1
200 GOSUB390:GOTO130
210 CLS:PRINT:FORI=1 TO A1:FOR J=1 TO D-1:IF P(J,2)=IORP(J,3)=ITHENNEXTIELSENEXT
J:GOTO240
220 GOTO340
240 CLS:PRINT:PRINT"PLANE NO. ";I;"HAS NOT BEEN GIVEN ANY DIMENSION TO REFERENCE
 IT   FROM.":PRINT"THERE WILL BE NO BASIS WITH WHICH TO CALCULATE A MACHINE CUT
TO CREATE THIS SURFACE.":PRINT"PLEASE REDO THE DIMENSION TABLE AND CORRECT THIS.
"
250 GOSUB2000
260 REM BLUEPRINT DIMENSIONS
265 CLS:PRINT:PRINTTAB(20)"BLUEPRINT DIMENSIONS":PRINT:PRINT"YOU WILL NOW BE ASK
ED TO INPUT THE SURFACES THAT EACH BLUEPRINT DIMENSION GOES FROM-TO, ALONG WITH
THE DIMENSION AND TOLERANCE":PRINT
266 PRINT"NOTE: EVERY SURFACE THAT IS BEING MACHINED MUST HAVE A DIMENSIONASSOCI
ATED WITH IT.":GOSUB2000
270 Y=2:CLS:GOSUB390:Y=0:CN=B-1:M=0:D=0
280 PRINT@768,"  ":D=D+1:PRINT@960,"NUMBER OF PRINT DIMENSIONS ENTERED:";:PRINTD
-1;:PRINT@832,"  ":PRINT@832,"FROM SURFACE NUMBER";:INPUTP(D,2):IFP(D,2)=0THEN21
0ELSEIFP(D,2)>A1THEND=D-1:GOTO280
290 PRINT@864,"TO SURFACE NUMBER";:INPUTP(D,3):IFP(D,3)>A1ORP(D,3)<1THEN290ELSEC
N=CN+1:Y=Y+1:PRINT@896,"B.P. DIMENSION";:INPUTP(D,4):PRINT@928,"TOLERANCE, + OR
-";:INPUTP(D,5):P(D,1)=CN:M=M+64:IFP(D,3)<P(D,2)THEND1=P(D,2):P(D,2)=P(D,3):P(D,
3)=D1
```

Распечатка 11.5 (продолжение)

```
300 IF P(D,5)>=1 THEN P(D,5)=P(D,5)/1000
310 M1=(P(D,3)-P(D,2))*AA:PRINT@(P(D,2)*AA+M),STRING$(M1,"-");:PRINT@(P(D,2)*AA+
M),"*";:PRINT@((P(D,3)*AA-1)+M),"*";:PRINTP(D,4);:IFY=12THENM=128:PRINT@640,STRI
NG$(63," ");:PRINT@832,STRING$(63," ");:FORC=1TO12:PRINT:NEXT:A3=1:A2=A1:Y=2:GOS
UB390
320 GOTO280
340 D1=1:GOSUB410:PRINT@512,"DUE TO THE LENGTH OF THIS PROGRAM, WE ARE NOW STORI
NG YOUR DATA ON DISC AND LOADING THE SECOND HALF OF THE PROGRAM";:OPEN"O",1,"DAT
A":PRINT#1,A1,B,D,Z
350 FOR X=1 TO B-1:FOR Y=1 TO 7:PRINT#1,T(X,Y):NEXTY,X
360 FOR X=1 TO D-1:FOR Y=1 TO 7:PRINT#1,P(X,Y):NEXTY,X
370 FOR X=1 TO Z  :FOR Y=1 TO 7:PRINT#1,B(X,Y):NEXTY,X
380 CLOSE:RUN"TCHART2"
390 FORA=A3TOA2:FORC=(15424+(AA*A))TO16255STEP64:POKEC,149:NEXTC:NEXTA:IF(N=0)OR
(Y=2)THENIFA1>20THENFORA=2TOA1STEP2:PRINT@((AA*A)-2),A;:NEXTELSEFORA=1TOA1:PRINT
@((AA*A)-2),A;:NEXT
400 RETURN
410 REM TRACKING TO FIND CUTS
420 IFD1=1THENBB=B:FORD1=1TOD-1ELSEFORD1=B-1TO1STEP-1:H=0:I=0:BB=D1
425 IFD1=1THENPRINT".....AND WE'RE OFF !!!!!!!":PRINT@128,"THE COMPUTER IS NOW C
REATING BALANCE LINES TO REACH PRINT        DIMENSIONS.";
430 Z9=Z:FORB1=BB-1TO1STEP-1:IFT(B1,3)=P(D1,2)THENH=B1ELSENEXTB1
440 FORB1=BB-1TO1STEP-1:IFT(B1,3)=P(D1,3)THENI=B1ELSENEXTB1
450 X=H:XX=I:IFX<ITHENX=I:XX=H
460 IFT(X,3)>T(X,2)THENIFT(X,2)=P(D1,2)THENP(D1,6)=X:GOTO750
470 IFT(X,3)<T(X,2)THENIFT(X,2)=P(D1,3)THENP(D1,6)=X:GOTO750
480 IFI=0THENIFP(D1,3)=T(D1,3)THENFORJ=1TOD1-1:IFT(J,2)=P(D1,3)THEN510ELSENEXT:P
(D1,6)=.999:GOTO750
490 IFH=0THENIFP(D1,2)=T(D1,3)THENFORJ=1TOD1-1:IFT(J,2)=P(D1,2)THEN510ELSENEXT:P
(D1,6)=.999:GOTO750
500 REM TO FIND ALL LINES INVOLVED
510 S3=1:S4=1:L(1,1)=XX:L(1,2)=X:S5=XX:S6=X
520 FORS1=S6-1TO0STEP-1:IFS1=0THENS4=S4+1:S6=0:L(S4,2)=999:GOTO530ELSEIFT(S1,3)=
T(S6,2)THENS4=S4+1:L(S4,2)=T(S1,1):S6=T(S1,1)ELSENEXTS1
530 IFS6>S5THENNEXTS1ELSEIFS6=S5THEN570ELSE540
540 IFS5=1THENS3=S3+1:L(S3,1)=999:GOTO570
550 FORS2=S5-1TO0STEP-1:IFS2=0THENS3=S3+1:L(S3,1)=999:S5=0:GOTO560ELSEIFT(S2,3)=
T(S5,2)THENS3=S3+1:L(S3,1)=T(S2,1):S5=T(S2,1)ELSENEXTS2
560 IFS5>S6THEN550ELSEIFS5=S6THEN570ELSEIFS2=0ANDS1=0THEN570ELSE520
570 IFS3<S4THENCC=S4ELSECC=S3
580 IFS3-1=0THENFA=L(S4-1,2):FB=L(S4-2,2):GOTO610ELSEIFS4-1=0THENFA=L(S3-1,1):FB
=L(S3-2,1):GOTO610ELSEIFL(S3-1,1)<L(S4-1,2)THENFA=L(S3-1,1):GOTO600ELSEFA=L(S4-1
,2):IFS4-2=0THENFB=L(S3-1,2)ELSEIFL(S4-2,2)<L(S3-1,1)THENFB=L(S4-2,2)ELSEFB=L(S3
-1,1)
590 GOTO610
600 IFS3-2=0THENFB=L(S4-1,2)ELSEIFL(S3-2,1)<L(S4-1,2)THENFB=L(S3-2,1)ELSEFB=L(S4
-1,2)
610 IFT(FA,2)=T(FB,2)THENB6=FA:B7=FB:B2=T(FB,3):B3=T(FA,3):GOTO650
620 IFT(FA,2)=T(FB,3)THENIF(T(FA,2)>T(FA,3)ANDT(FB,2)>T(FB,3))OR(T(FA,2)<T(FA,3)
ANDT(FB,2)<T(FB,3))THENB6=FA:B7=FB:B2=T(FA,3):B3=T(FB,2):GOTO650
630 IFT(FB,2)=T(FA,3)THENIF(T(FA,2)>T(FA,3)ANDT(FB,2)>T(FB,3))OR(T(FA,2)<T(FA,3)
ANDT(FB,2)<T(FB,3))THENB6=FA:B7=FB:B2=T(FB,3):B3=T(FA,2):GOTO650
640 IFT(FB,2)=T(FA,3)THENB6=FA:B7=FB:B2=T(FB,3):B3=T(FA,2):GOTO650ELSEIFT(FB,3)=
T(FA,2)THENB6=FA:B7=FB:B2=T(FA,3):B3=T(FB,2)
650 GOSUB1160:FF=FB:CA=1
660 FORC=1TOCC:IFL(C,1)=FF+CATHENFB=L(C,1):GOTO680ELSEIFL(C,2)=FF+CATHENFB=L(C,2
):GOTO680ELSENEXTC
670 CA=CA+1:IFCA>B-1THEN740ELSE660
680 IFB(Z9,2)<>T(FB,2)ANDB(Z9,3)<>T(FB,2)THENCLS:PRINT"ERRATIC MACHINING IS TAKI
NG PLACE.  tHE PART CANNOT BE MACHINED LIKE THIS.":GOSUB200:RUN
690 IFT(FB,3)>B(Z9,3)ANDT(FB,2)=B(Z9,3)THENB6=Z9+B+D-2:B7=FB:B2=B(Z9,2):B3=T(FB,
3):GOSUB1160":GOTO670
700 IFT(FB,3)<B(Z9,2)ANDT(FB,2)=B(Z9,2)THENB6=Z9+D+B-2:B7=FB:B2=T(FB,3):B3=B(Z9,
3):GOSUB1160:GOTO670
710 IFT(FB,3)>B(Z9,2)ANDT(FB,3)<B(Z9,3)THENIFT(FB,2)=B(Z9.3)THENB6=Z9+D+B-2:B7=F
```

Распечатка 11.5 (продолжение)

```
B:B2=B(Z9,2):B3=T(FB,3):GOSUB1160:GOTO670ELSEIFT(FB,2)=B(Z9,2)THENB6=Z9+D+B-2:B7
=FB:B2=T(FB,3):B3=B(Z9,3):GOSUB1160:GOTO670
720 IFT(FB,3)>B(Z9,3)THENB6=Z9+D+B-2:B7=FB:B2=B(Z9,3):B3=T(FB,3):GOSUB1160:GOTO6
70ELSEIFT(FB,3)<B(Z9,2)THENB6=Z9+D+B-2:B7=FB:B2=T(FB,3):B3=B(Z9,2):GOSUB1160:GOT
O670
730 CLS:PRINT"ERRATIC MACHINING IS TAKING PLACE.  THIS PART CANNOT BE MACHINED L
IKE THIS!!!!":GOSUB200:RUN
740 IFB(Z9,2)=P(D1,2)ANDB(Z9,3)=P(D1,3)THENP(D1,6)=B(Z9,1)ELSESTOP
750 NEXTD1:IF F2<>0 THEN RETURN
760 REM TO ASSIGN TOL PO BAL DIM & MACH CUTS
770 TP=B+D-2:FORTB=1TOD-1:TL=P(TB,5):TF=0:IFP(TB,6)<TPTHENIFT(P(TB,6),5)>TLORT(P
(TB,6),5)=0THENT(P(TB,6),5)=TL:GOTO850ELSE850
780 TC=P(TB,6)-TP
790 T6=B(TC,6):T7=B(TC,7):IFT6<TPANDT7<TPTHEN800ELSETF=T(T7,6)+TF:TC=B(TC,6)-TP:
GOTO790
800 TF=TF+T(T6,6)+T(T7,6):TC=(P(TB,6)-TP)
810 T6=B(TC,6):T7=B(TC,7):IFT6<TPANDT7<TPTHEN830ELSET9=(T(T7,6)/TF)*TL:IFT(T7,5)
>T9ORT(T7,5)=0THENT(T7,5)=T9
820 TL=TL-T(T7,5):TF=TF-T(T7,6):TC=B(TC,6)-TP:GOTO810
830 T8=(T(T6,6)/TF)*TL:T9=(T(T7,6)/TF)*TL:IFT(T6,5)>T8ORT(T6,5)=0THENT(T6,5)=T8E
LSET9=T8-T(T6,5)+T9
840 IFT(T7,5)>T9ORT(T7,5)=0THENT(T7,5)=T9
850 PRINT@256,"TOLERANCES ARE NOW BEING DISTRIBUTED TO THE MACHINE CUTS.";:NEXTT
B
1080 REM SHIFT PRINT DIM TABLE (P) TO TABLE P1 - SET TAB P TO 0 THEN GOSUB FOR S
TOCK REM BAL DIM
1090 DIMP1(D-1,7):FORF2=1TOD-1:FORF3=1TO7:P1(F2,F3)=P(F2,F3):P(F2,F3)=0:NEXTF3,F
2:GOSUB1160:FORF2=1TOB-1:FORF3=1TO3:P(F2,F3)=T(F2,F3):NEXTF3:XX=P(F2,2):IFXX>P(F
2,3)THENP(F2,2)=P(F2,3):P(F2,3)=XX
1100 NEXTF2:PRINT@384,"JOW WE'RE CREATING BALANCE DIMENSIONS FOR STOCK REMOVAL."
;:GOSUB420:FORF2=1TOB-1:T(F2,7)=P(F2,6):NEXTF2:FORF2=1TOD-1:FORF3=1TO7:P(F2,F3)=
P1(F2,F3):NEXTF3,F2
1110 FORTB=1TOB-1:TL=0:IFT(TB,7)=.999THENT(TB,6)=.999:GOTO1140ELSEIFT(TB,7)<BTHE
NT(TB,6)=T(TB,5)+T(T(TB,7),5):GOTO1140ELSETC=T(TB,7)-TP
1120 T6=B(TC,6):T7=B(TC,7):IFT6<BANDT7<BTHENTL=T(T6,5)+T(T7,5)+TL:GOTO1130ELSETL
=TL+T(T7,5):TC=B(TC,6)-TP:GOTO1120
1130 T(TB,6)=TL+T(TB,5)
1140 NEXTTB:RETURN
1150 REM CREATE BAL DIM AND ORGANIZE THE TABLE
1160 Z=Z+1:CN=CN+1:B(Z,2)=B2:B(Z,3)=B3:B(Z,1)=CN:B(Z,7)=B7:B(Z,6)=B6:C=Z:IFB(C,2
)>B(C,3)THENMM=B(C,3):B(C,3)=B(C,2):B(C,2)=MM
1170 IFB(C,6)>B(C,7)THENIFB(C,6)<BTHENMM=B(C,6):B(C,6)=B(C,7):B(C,7)=MM
1180 REM SUB TO FIND ANY OF THA SAME BALANCE DIM
1190 IFZ<2THENZ9=1:RETURNELSEFORC=1TOZ-1:IFB(C,2)=B(Z,2)ANDB(C,3)=B(Z,3)ANDB(C,6
)=B(Z,6)ANDB(C,7)=B(Z,7)THENZ=Z-1:CN=CN-1ELSENEXT
1200 Z9=C:RETURN
1210 CLS:PRINT@15,"MINIMUM OPERATIONAL TOLERANCES":PRINT:PRINT:S$(1)="1) ROUGH C
UTS":S$(2)="2) SEMI FINSH CUTS":S$(3)="3) FINISH CUTS":S$(4)="4) ROUGH GRINDS":S
$(5)="5) FINISH GRINDS":PRINT:FORW=1TO5:PRINTS$(W):NEXT:PRINT
1220 PRINT"ENTER THE MINIMUN OPERATION TOLERANCES THAT CAN BE HANDLED KN   THE P
ROCESS EQUIPMENT. THESE TOLERANCES WILL BE A BASIS FOR     ASSIGNING TOLERANCES
TO THE MACHINE CUTS."
1240 K=213:FORW=1TO5:K=K+64:PRINT@K," ";:INPUTA(W):PRINTS$(W+1);:NEXT
1245 LPRINTTAB(10)"OPERATION TYPES":LPRINT" ":LPRINT"TYPE"TAB(9)"NAME"TAB(20)"MI
N. TOL.":FORQ=1TO5:IFA(Q)=0THENNEXT:GOTO1246ELSELPRINTTAB(1)S$(Q);TAB(22)USINGG$
;A(Q):NEXT
1246 LPRINT" ":LPRINT" ":LPRINT"REFER TO THIS TABLE WHEN ASKED FOR THE TYPE OF C
UT.":FORQ=1TO5:LPRINT" ":NEXT
1250 RETURN
1500 CLS:PRINT"WELCOME TO PHE WORLD OF TOLERANCE CHARTING !!!!":PRINT:PRINT"PRES
S ANY KEY ON YOUR KEYBOARD WHEN YOU WISH TO CONTINUE.":GOSUB2000
1510 PRINT:PRINT"THIS PROGRAM IS DESIGNED TO ALLOW THE USER TO INPUT THE
 MACHINING SEQUENCE THAT IS TO TAKE PLACE ON A PART AND          THE BLUEPRINT D
IMENSIONS THAT ARE TO BE CREATED AS A RESULT.":GOSUB2000
```

Распечатка 11.5 (продолжение)

```
1520 PRINT:PRINT"BALANCE DIMENSIONS ARE THEN COMPUTED AS NEEDED TO REACH EACH OF
 THE BLUEPRINT DIMENSIONS.":GOSUB2000
1530 PRINT:PRINT"A BALANCE DIMENSION IS A DIMENSION THAT IS  CREATED  AS A RESUL
T OF ADDING OR SUBTRACTING TWO MACHINE CUTS, OR A MACHINE CUT AND ANOTHER BALANC
E DIMENSION.":GOSUB2000
1540 CLS:PRINT:PRINT"THIS PROGRAM IS DESIGNED TO COACH YOU ALL THE WAY THROUGH."
:GOSUB2000
1550 PRINT:PRINT"ON THE FINAL PRINT-OUT THAT YOU WILL RECEIVE, A BALANCE DIMEN-
 SION WILL BE DESIGNATED AS o-------------------o ,WITH THE CUTS INVOLVED IN ARR
IVING AT THIS DIMEJSION EXPLAINED TO THE RIGHT.":GOSUB2000
1560 PRINT:PRINT"A MACHINE CUT WILL ALWAYS BE DESIGNATED WITH A DOT AND ARROW,
 *---------------> , WITH THE DOT BEING ON THE LOCATING SURFACE  AND THE ARROW O
N THE CUT SURFACE.":GOSUB2000
1561 CLS:PRINT@0,"CENTER ";STRING$(20,"-");"   --   ";STRING$(20,"-");:FORI=1537
0TO15500STEP64:POKEI,149::POKEI+40,170:NEXT:PRINT@64," LINE";:PRINT@84,"SAMPLE P
ART (4 SURFACES)";:PRINT@320," "
1562 FORI=15562TO15573:POKEI,131:POKEI+29,131:NEXT:FORI=15574TO15700STEP64:POKEI
,149:POKEI+17,170:NEXT:FORI=15702 TO15719:POKEI,131:NEXT
1563 PRINT@201,"1";:PRINT@341,"2";:PRINT@360,"3";:PRINT@243,"4";
1570 PRINT@384,"THE FIRST STEP IS TO LABEL ALL SURFACES ON THE PRINT LIKE THE
 EXAMPLE ABOVE"
1580 PRINTTAB(5)"(2) NUMBER EACH OPERATION CUT IN THE ORDER THAT THE PART
 WILL BE MACHINED: 1,2,3,4,5...ETC.":GOSUB2000
1590 PRINTTAB(5)"(3) NUMBER EACH BLUEPRINT DIIENSION, IN ANY ORDER, 1,2,3,4,
 5...ETC.":GOSUB2000:RETURN
1600 CLS:PRINT:PRINT:PRINT"  YOU WILL NOW BE ASKED TO ENTER THIS INFORMATION INT
O THE  COMPUTER.":PRINT:PRINT"THE FIRST INPUTS WILL BE OPERATION TOLERANCES.":GO
SUB 2000
1610 PRINT:PRINT"YOU WILL BE ASKED TO INPUT THE MINIMUM TOLERANCE THAT CAN BE
 HELD FOR THIS TYPE OF OPERATION.":PRINT:PRINT"IF ANY OF THE OPERATIONS DO NOT A
PPLY TO THE MACHINING$OF PHIS  PART, SIMPLY HIT 'ENTER'.":GOSUB2000:RETURN
2000 IFINKEY$=""THEN2000ELSERETURN
```

Распечатка 11.5.

```
10 CLS:PRINT@459," ";:PRINTCHR$(23)"TOLERANCE CHART":PRINTTAB(10)"PART 2":PRINT:
PRINTTAB(9)"WRITTEN BY":PRINTTAB(7)"MARK E. ALDER":PRINTTAB(4)"MICHAEL A. LA PIE
RRE":PRINT
12 PRINTTAB(5)"COPYRIGHT (C) 1981"
20 CLEAR175:G$=".####"
30 OPEN"I",1,"DATA":INPUT#1,A1,B,D,Z:DIMT(B,7),P(D,7),D$(A1),B(Z,7),A$(80):FORX=
1TOB-1:FORY=1TO7:INPUT#1,T(X,Y):NEXTY,X
40 FORX=1TOD-1:FORY=1TO7:INPUT#1,P(X,Y):NEXTY,X
50 FORX=1TOZ:FORY=1TO7:INPUT#1,B(X,Y):NEXTY,X:CLOSE
60 GOSUB1010:GOSUB540  :FORC=1TO80:LPRINTCHR$(61);:NEXT:LPRINTTAB(16)"MACHINE CU
TS & BALANCE DIMENSIONS":LPRINT" ":LPRINT"LINE":LPRINT" NO.":LPRINT" "
70 REM TO PRINT CHART
80 BA=60/(A1+1):FORBB=0TOB:FORNA=1TO80:A$(NA)=" ":NEXT:IFBB<>0THEN100  ELSEIFA1>
16THENFORNA=7+BATO71-BASTEPBA*2ELSEFORNA=7+BATO71-BASTEPBA:AN=NA:IM=IM+1:B$=RIGH
T$(STR$(IM),1):IFIM>A1THEN175  ELSEIFIM>9THENA7=A7+1:AN=AN-A7:B$=RIGHT$(STR$(IM)
,2)
90 A$(AN)=B$:NEXT:GOTO175
100 FORNA=7+BATO71-BASTEPBA:A$(NA)=CHR$(124):NEXT:NX=NX+1:IFNX=1THEN175  ELSEB2=
BA*ABS(T(BB,3)-T(BB,2))-2:IFB2<0THEN175  ELSEIFT(BB,2)>T(BB,3)THENNB=T(BB,3)*BA+
7:A$(NB+1)="<"ELSE140
110 FORNC=NB+1TONB+B2+1:IFA$(NC)=" "THENA$(NC)="-"
120 IFA$(NC)=CHR$(124)THENA$(NC)="+"
130 NEXT:A$(NC)="*":GOTO170
140 NB=T(BB,2)*BA+7:A$(NB+1)="*":FORNC=NB+1TONB+B2+1:IFA$(NC)=" "THENA$(NC)="-"
150 IFA$(NC)=CHR$(124)THENA$(NC)="+"
160 NEXT:IFA$(NC)=CHR$(124)ORA$(NC)="+"THENA$(NC-1)=">"ELSEA$(NC)=">"
170 LPRINTBB;
175 FORNC=7+BATO71-BA:LPRINTTAB(7);A$(NC);:NEXT:JK=((BA*(A1-1)+12))
```

Распечатка 11.6

```
180 IFBB=BTHEN190  ELSEIFBB=0THENLPRINTTAB(JK)" +/-   LINE":NEXTBBELSEIFBB=NXTHE
NLPRINTTAB(JK)" TOL   INV.":GOTO100:ELSEIFNX=1THENLPRINT" ":GOTO100  ELSELPRINTT
AB(JK)USINGG$;T(BB,5);:LPRINT" ";:IFT(BB,7)=.999THENLPRINT"SOLID"ELSELPRINTT(BB,
7)
190 FORZ1=1TOZ:IFB(Z1,7)>B+D-2THENBZ=B(Z1,7)-B-D+2:IFB(BZ,7)<BORB(BZ,6)>BBTHEN28
0  ELSE220
200 IFB(Z1,7)<(D+B-2)THEN210  ELSEIFB(Z1,6)<>BBTHEN280  ELSE220
210 IFB(Z1,7)<>BBTHEN280
220 B3=BA*ABS(B(Z1,3)-B(Z1,2))-2
230 REM CHART FOR BAL DIM
240 GOSUB440  :FORNA=0TO80:A$(NA)=" ":NEXT:FORNB=7+BATO71-BASTEPBA:A$(NB)=CHR$(1
24):NEXT:NF=B(Z1,2)*BA+7:A$(NF)="o":FORNG=NF+1TONF+B3+2:IFA$(NG)=" "THENA$(NG)="
-"
250 IFA$(NG)=CHR$(124)THENA$(NG)="+"
260 NEXTNG:A$(NF+2+B3)="o":IFJ2<10THENF$="##!#"ELSEF$="##!##"
270 LPRINTB(Z1,1);:FORNG=7+BATO71-BA:LPRINTTAB(7)A$(NG);:NEXT:LPRINTTAB((BA*(A1-
1)+12))USINGG$;B(Z1,5);:LPRINT" ";USINGF$;J1;D$;J2
280 NEXTZ1:NEXTBB:LPRINT" ":FORC=1TO80:LPRINTCHR$(61);:NEXT:LPRINTTAB(16)"BLUEPR
INT DIMENSIONS":LPRINTTAB(JK-2)"LINE.INV."
290 REM TO PRINT B.P. DIM
300 A7=0:AN=0:IM=0:NX=0:FORD2=0TOD:FORNA=1TO80:A$(NA)=" ":NEXT:IFD2<>0THEN320  E
LSEFORNA=7+BATO71-BASTEPBA:AN=NA:IM=IM+1:B$=RIGHT$(STR$(IM),1):IFIM>A1THEN350  E
LSEIFIM>9THENA7=A7+1:AN=AN-A7
310 A$(AN)=B$:NEXT:GOTO350
320 FORNA=7+BATO71-BASTEPBA:A$(NA)=CHR$(124):NEXTNA:NX=NX+1:IFNX=1THEN350  ELSED
D=BA*(P(D2,3)-P(D2,2))-2:IFD2=DTHEN350  ELSENB=P(D2,2)*BA+7:A$(NB)="*":FORNC=NB+
1TONB+DD+1:IFA$(NC)=" "THENA$(NC)="-"
330 IFA$(NC)=CHR$(124)THENA$(NC)="+"
340 NEXT:A$(NC)="*":LPRINTP(D2,1);
350 FORNC=7+BATO71-BA:LPRINTTAB(7);A$(NC);:NEXT:IFD2>0ANDD2<DANDNX>1THENLPRINTP(
D2,6):NEXTD2ELSELPRINT" ":IFNX=1THEN320  ELSENEXTD2:LPRINT" ":FORI=1TO80:LPRINT"
=";:NEXT
360 LPRINT"PROCESS DIMENSIONS AND TOLERANCES":LPRINT" ":LPRINT" CUT":LPRINT"NUMB
ER"TAB(16)"DIMENSION +/- TOLERANCE"
370 R$=" +/- ":FOR I=1 TO B-1:LPRINT" ";T(I,1);:LPRINTTAB(18)USING"##.####";T(I,
4);:LPRINTR$;:LPRINTUSINGG$;T(I,5):NEXT
380 FOR I=1 TO 5:LPRINT" ":NEXT
390 CLS:PRINT"HERE IS THE FINAL COPY OF YOUR TOLERANCE CHART."
400 PRINT:PRINT"AT THE BOTTOM OF THE CHART IS A LIST OF THE MACHINE CUT DIMENSIO
NS TO BE USED ON YOUR PROCESS DIMENSIONS."
410 PRINT:PRINT"WOULD YOU LIKE TO:":PRINT:PRINT"(1) RUN THE PROGRAM AGAIN":PRINT
"(2) END THE PROGRAM":PRINT:INPUT"ENTER THE NUMBER";CC:IFCC=1THENRUN"TCHART1"ELS
ECLS:END
440 REM SUB TO ASSIGN LININV FOR PRINTOUT
450 IFB(Z1,6)<BTHEN470  ELSEJA=B(Z1,6)-D-B+2:JB=B(Z1,7):IFB(JA,2)=T(JB,2)THENIFT
(JB,3)<T(JB,2)THEND$="+":J1=B(Z1,6):J2=B(Z1,7):RETURNELSEIFT(JB,3)<B(JA,3)THEND$
="-":J1=B(Z1,6):J2=B(Z1,7):RETURNELSED$="-":J1=B(Z1,7):J2=B(Z1,6):RETURN
460 IFT(JB,3)>T(JB,2)THEND$="+":J1=B(Z1,6):J2=B(Z1,7):RETURNELSEIFT(JB,3)>B(JA,2
)THEND$="-":J1=B(Z1,6):J2=B(Z1,7):RETURNELSED$="-":J1=B(Z1,7):J2=B(Z1,6):RETURN
470 G1=B(Z1,6):G2=B(Z1,7):IFT(G1,2)=T(G2,2)THEN480  ELSEIF(T(G1,2)>T(G1,3)ANDT(G
2,3)>T(G2,2))OR(T(G1,2)<T(G1,3)ANDT(G2,3)<T(G2,2))THEND$="-":J1=G1:J2=G2:RETURNE
LSED$="+":J1=G1:J2=G2:RETURN
480 IF(T(G1,2)>T(G1,3)ANDT(G2,3)>T(G2,2))OR(T(G1,2)<T(G1,3)ANDT(G2,3)<T(G2,2))TH
END$="+":J1=G1:J2=G2:RETURNELSED$="-":IFABS(T(G1,2)-T(G1,3))>ABS(T(G2,2)-T(G2,3)
)THENJ1=G1:J2=G2:RETURNELSEJ1=G2:J2=G1:RETURN
490 LPRINTSTRING$(75,"-"):NEXT:FORXX=1TO5:LPRINT" ":NEXT:CLS
500 FORTB=1TOB-1:TL=0:IFT(TB,7)=.999THENT(TB,6)=.999:GOTO530  ELSEIFT(TB,7)<BTHE
NT(TB,6)=T(TB,5)+T(T(TB,7),5):GOTO530  ELSETC=P(TB,6)-TP
510 T6=B(TC,6):T7=B(TC,7):IFT6<BANDT7<BTHENTL=T(T6,5)+T(T7,5)+TL:GOTO520  ELSETL
=TL+T(T7,5):TC=B(TC,6)-TP:GOTO510
520 T(TB,6)=TL+T(TB,5)
530 NEXTTB
540 CLS:PRINT@0,"CENTER ";STRING$(20,"-");"   --   ";STRING$(20,"-");:FOR I=1537
0 TO 15500STEP64:POKE I,149:POKEI+40,170:NEXT:PRINT@64," LINE";:PRINT@84,"SAMPLE
 PART (4 SURFACES)";:PRINT@320," "
```

Распечатка 11.6 (продолжение)

```
550 FOR I=15562 TO 15573:POKEI,131:POKEI+29,131:NEXT
560 FOR I=15574 TO 15700STEP64:POKEI,149:POKEI+17,170:NEXT
570 FOR I=15702 TO 15719:POKEI,131:NEXT:EE=268:TT=0:R$="LEFT--->"
580 REM SUB FOR CUT DIRECTION & FINDING DIMENSIONS
590 PRINT"YOU ARE ASKED HERE TO INPUT WHICH DIRECTION THE SURFACE FACES - LEFT O
R RIGHT ('L' OR 'R') - THE SURFACE THAT THE STOCK WILL BE ADDED BACK ON.   ";
600 PRINT"(IN THIS SAMPLE: SURFACES 1&2 ARE 'L' WHILE    SURFACES 3&4 ARE 'R')":
PRINT@201,"1";:PRINT@341,"2";:PRINT@360,"3";:PRINT@243,"4";
610 FOR I=1 TO 3:PRINT@EE,"            ";:FORJ=1 TO 100:NEXT
620 PRINT@EE,R$;:FOR J=1 TO 300:NEXTJ,I
630 IF TT<>1 THEN R$="<---RIGHT":TT=1:EE=297:GOTO610  ELSEPRINT@705,"* * YOUR PA
RT HAS";A1;"SURFACES * *"
640 FORXX=1TOA1:PRINT"WHICH DIRECTION IS SURFACE";XX;:INPUT"FACING ";D$(XX):D$(X
X)=LEFT$(D$(XX),1):IF D$(XX)<>"L"ANDD$(XX)<>"R"THENPRINT"USE 'L' OR 'R' ONLY!!!"
:XX=XX-1
650 NEXTXX
655 FORTB=1TOB-1:TL=0:IFT(TB,7)=.999THENT(TB,6)=.999:GOTO658ELSEIFT(TB,7)<BTHENT
(TB,6)=T(TB,5)+T(T(TB,7),5):GOTO658ELSETC=T(TB,7)-TP
656 T6=B(TC,6):T7=B(TC,7):IFT6<BANDT7<BTHENTL=T(T6,5)+T(T7,5)+TL:GOTO657ELSETL=T
L+T(T7,5):TC=B(TC,6)-TP:GOTO656
657 T(TB,6)=TL+T(TB,5)
658 NEXTTB
660 CLS:PRINT"YOU ARE NOW ASKED TO INPUT THE AMOUNT OF STOCK TO BE REMOVED.":PRI
NT"* * NOTE: THIS MUST EXCEED THE MINIMUM STOCK REMOVAL (M.S.R.).":PRINT"INPUT C
AN BE EITHER IN THOUSANDS OR DECIMAL NUMBERS (10 OR .010)
670 PRINT:PRINT"MACHINE CUT","M.S.R.","DESIRED S.R.":PRINT
680 FORXX=1TOB-1:SR=T(XX,6):IFSR=.999THENNEXTXX:GOTO730  ELSEPRINTTAB(4)XX;:PRIN
TTAB(16)USINGG$;SR;:PRINTTAB(35)"?";:INPUTT(XX,6)
690 IF T(XX,6)>=1 THEN T(XX,6)=T(XX,6)/1000
700 IFT(XX,6)<SR THEN PRINT"DESIRED S.R. MUST EXCEED M.S.R.";:PRINTTAB(35)"?";:I
NPUTT(XX,6):GOTO690
710 NEXTXX
720 IFZ=0THEN750
730 FORXX=1TOZ:IFB(XX,6)<BTHENB(XX,5)=T(B(XX,6),5)+T(B(XX,7),5):NEXTELSENEXT
740 FORXX=1TOZ:IFB(XX,5)=0THENIFB(XX,6)=0THENNEXTELSEB(XX,5)=T(B(XX,7),5)+B(B(XX
,6)-B-D+2,5):NEXTELSENEXT
750 FORXX=B-1TO1STEP-1:PL=T(XX,3):SR=T(XX,6):IFSR=.999THENNEXTXX:GOTO820  ELSEFO
RYY=XX-1TO1STEP-1:IFT(YY,3)=PLTHEN760  ELSEIFT(YY,2)=PLTHEN780  ELSENEXTYY:GOTO8
00
760 IFT(YY,2)>T(YY,3)THENIFD$(PL)="L"THENT(YY,4)=T(XX,6)+T(YY,4)ELSET(YY,4)=T(YY
,4)-T(XX,6)ELSEIFD$(PL)="L"THENT(YY,4)=T(YY,4)-T(XX,6)ELSET(YY,4)=T(YY,4)+T(XX,6
)
770 GOTO790
780 IFT(YY,2)>T(YY,3)THENIFD$(PL)="L"THENT(YY,4)=T(YY,4)-T(XX,6)ELSET(YY,4)=T(YY
,4)+T(XX,6)ELSEIFD$(PL)="L"THENT(YY,4)=T(YY,4)+T(XX,6)ELSET(YY,4)=T(YY,4)-T(XX,6
)
790 NEXTYY
800 NEXTXX
810 REM SUB FOR ADDING UP B.P. DIMENSIONS FOR MACHINE CUTS
820 CLS:PRINT:PRINT"AT THIS POINT, I HAVE CALCULATED THE TOLERANCES AND STOCK":P
RINT"REMOVALS FOR EACH OF THE MACHINE CUTS.  NOW I NEED THE BASE      DIMENSIONS
OF THE MACHINE CUTS, YOU MUST NOW DETERMINE THEM FROMTHE BLUEPRINT DIMENSIONS AN
D ENTER THEM."
830 FORI=15680 TO 15743:POKEI,140:NEXT:PRINT:PRINT"NOTE-- ENTER ONLY THE BASE DI
MENSION OF THE MACHINE CUT, I WILL DETERMINE THE PROCESS DIMENSIONS":PRINT
840 FOR C=1 TO B-1
850 FOR CC=1 TO D-1
860 IF(T(C,2)=P(CC,2)AND T(C,3)=P(CC,3))OR(T(C,3)=P(CC,2)AND T(C,2)=P(CC,3)) THE
N T(C,4)=P(CC,4)+T(C,4):GOTO880  ELSENEXT
870 PRINT"ENTER THE BASE DIMENSION FOR CUT NUMBER";C;:INPUTDI:T(C,4)=T(C,4)+DI
880 NEXTC:RETURN
1000 REM TO ADD UP MACH CUT TOL
1010 TP=B+D-2:FORTB=1TOD-1:TL=0:IFP(TB,6)<BTHENP(TB,7)=T(P(TB,6),5):GOTO1040 ELS
ETC=P(TB,6)-TP
1020 T6=B(TC,6):T7=B(TC,7):IFT6<BANDT7<BTHENTL=T(T6,5)+T(T7,5)+TL:GOTO1030 ELSET
```

Распечатка 11.6 (продолжение)

```
L=TL+T(T7,5):TC=B(TC,6)-TP:GOTO1020
1030 P(TB,7)=TL
1040 NEXTTB
1050 REM SUB TO PRINT WORK-SHEET
1060 PRINT:IFX$<>"N"ANDX$<>"Y"THENINPUT"DO YOU NEED INSTRUCTIONS FOR THE WORKSHE
ET (Y/N)";X$:IFLEFT$(X$,1)="Y"THENGOSUB1250
1070 LPRINT" ":LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"WORKSHEET FOR TOLERANCE DISTRIBUTION":GO
SUB1180 :L2=0
1080 LPRINT" ":LPRINT"BLUEPRINT";TAB(30)"MACHINE CUTS":LPRINT"DIMEN.+/-TOLER.":L
PRINT" ":FORL9=L5TOL6:LPRINTTAB((L9-L2)*3+19)L9;:NEXTL9:LPRINT" ":FORXX=1TOD-1:Y
=XX:LL=0:IFP(XX,6)<BTHENLL=LL+1:A(LL)=P(XX,6):GOTO1100 ELSEY=P(Y,6)+2-B-D
1090 LL=LL+1:A(LL)=B(Y,7):IFB(Y,6)<BTHENLL=LL+1:A(LL)=B(Y,6):GOTO1100 ELSEY=B(Y,
6)+2-B-D:GOTO1090
1100 FORL9=L5TOL6:FORL8=1TOLL:IFA(L8)=L9THENA$(L9)="*"
1110 NEXTL8:IFA$(L9)<>"*"THENA$(L9)=" "
1120 NEXTL9:LPRINTP(XX,4);"+/-";:LPRINTUSINGG$;P(XX,5);:LPRINTTAB(21)CHR$(124);:
LO=20:FORL9=L5TOL6:IFL9>9THENLO=LO+1
1130 LPRINTTAB(3*(L9-L2)+LO)A$(L9)CHR$(124);:A$(L9)=" ":NEXTL9:LO=18:LPRINT" ":L
PRINT"(NEW) +/-";:LPRINTUSINGG$;P(XX,7);:FORL9=L5TOL6+1:LPRINTTAB(3*(L9-L2)+LO)C
HR$(124);:IFL9>9THENLO=LO+1
1140 NEXTL9:LPRINT" ":LPRINTSTRING$(62,"-"):NEXTXX:IFL6=B-1THEN1150 ELSEGOSUB122
0 :GOTO1080
1150 LPRINT" ":LPRINT" ":LPRINT"MACHINE CUT","+/- TOLERANCE","CHANGES","= NEW TO
LERANCE":LPRINT" ":FORXX=1TOB-1:LPRINTTAB(4)XX;:IFT(XX,5)=0THENLPRINTTAB(18)"NON
E"ELSELPRINTTAB(19)USINGG$;T(XX,5)
1160 LPRINTSTRING$(75,"-"):NEXT:FORXX=1TO5:LPRINT" ":NEXT:CLS
1162 FOR I=1 TO D-1:IF P(I,7)<=P(I,5)THENNEXT:GOTO1170
1164 PRINT:PRINT"PLEASE TAKE NOTICE:":PRINT:FOR I=1 TO D-1:IF P(I,7)>P(I,5)THENP
RINT"FOR BLUEPRINT NO.";I":  YOU ENTERED A TOLERANCE OF";:PRINTUSINGG$;P(I,5):PR
INT"THE NEW TOLERANCE OF";:PRINTUSINGG$;P(I,7);:PRINT" EXCEEDS THE BLUEPRINT TOL
ERANCE":PRINT
1166 NEXT:PRINT:PRINT"I WOULD ADVISE THAT YOU CHANGE THE MACHINE CUT TOLERANCES"
:PRINT
1170 INPUT"DO YOU WISH TO CHANGE ANY OF THE MACHINE CUT TOLERANCES (Y/N)";C$:IFC
$="Y"THENGOTO1410 ELSE RETURN
1180 L5=1:IFB-1<11THENL6=B-1ELSEL6=10
1190 RETURN
1220 REM FOR INCREMENTS
1230 L2=L2+10:L5=L5+10:IFB-1>L6+10THENL6=L6+10ELSEL6=B-1
1240 RETURN
1250 REM SUB FOR INSTRUCTIONS FOR TOL. DISTRIB.
1260 LPRINT" ":LPRINTCHR$(27);CHR$(14);"WORKSHEET INSTRUCTIONS":LPRINT" ":LPRINT
"INTRODUCTION :":LPRINT" "
1270 LPRINT"    THE CHART ON THE WORKSHEET SHOWS THE BLUEPRINT DIMENSION AND TOL
ERANCE AS   ORIGINALLY INPUTED, ALONG WITH THE NEW TOLERANCE THAT YOU MAY EXPECT
 AS A RESULTOF THE 'MACHINE CUT' TOLERANCES THAT ARE LISTED BELOW THE CHART."
1280 LPRINT" ":LPRINT"    THE 'MACHINE CUT' TOLERANCES WERE DERIVED PROPORTIONAL
LY, USING (1) THE ORI-GINAL BLUEPRINT TOLERANCE, (2) THE MACHINE CUTS INVOLVED I
N CREATING THIS DIMEN-SION, AND (3) THE TYPE OF MACHINING TAKING PLACE AT EACH C
UT."
1290 LPRINT" ":LPRINT"    AN '*' HAS BEEN PLACED UNDER EACH MACHINE CUT THAT THE
 COMPUTER HAS DETER-  MINED IS INVOLVED IN CREATING THIS DIMENSION.":LPRINT" "
1300 LPRINT"    AT THIS POINT, THE COMPUTER HAS DONE AS MUCH AS POSSIBLE, AS FAR
 AS DISTRIB-UTING TOLERANCES MATHEMATICALLY.  IT IS UP TO YOU TO MAKE ANY NECESS
ARY CHANGES.":LPRINT" ":LPRINT" ":LPRINT"INSTRUCTIONS :":LPRINT" "
1310 LPRINT"LET US SAY, FOR EXAMPLE, THAT WE HAVE A BLUEPRINT TOLERANCE OF .005
AND A NEW   TOLERANCE OF .004.  WE WISH TO MAKE A CHANGE TO INCREASE THE NEW TOL
ERANCE TO   USE THE FULL .005.":LPRINT" "
1320 LPRINT"(1) LOOK AT ALL THE MACHINE CUTS INVOLVED WITH THIS DIMENSION (AS MA
RKED '*')       AND DETERMINE WHICH OF THESE CUT TOLERANCES YOU WISH TO INCREASE
 BY .001."
1330 LPRINT"  NOTE: THE .001 MAY BE DISTRIBUTED OVER MORE THAN ONE MACHINE CUT I
F YOU SO              DESIRE.":LPRINT" ":LPRINT"(2) NEXT TO THE '*', FOR THE MACHI
NE CUT THAT YOU HAVE CHOSEN, WRITE IN '+.001'.":LPRINT" "
```

Распечатка 11.6 (продолжение)

```
1340 LPRINT"(3) NOW FOLLOW THIS MACHINE CUT COLUMN UP AND DOWN, PUTTING A '+.001
' WHEREVER       THERE IS A '*' IN THAT COLUMN.":LPRINT" "
1350 LPRINT"(4) TAKE NOTE THAT WHEREVER YOU HAVE ENTERED A '+.001', THE TOLERANC
E OF THAT        BLUEPRINT DIMENSION IS ALSO INCREASED BY .001.":LPRINT" ":LPRINT
"(5) ADD THE .001 TO THAT MACHINE CUT IN THE BOTTOM TABLE.":LPRINT" "
1360 LPRINT"(6) CONTINUE ON WITH ANY OTHER NEW TOLERANCES THAT YU WISH TO INCREA
SE OR DE-        CREASE.":LPRINT" ":LPRINT"(7) ADD OR SUBTRACT ANY CHANGES IN THE
 BOTTOM CHART TO GET THE NEW TOLERANCE FOR    EACH MACHINE CUT.":LPRINT" "
1370 LPRINT"(8) ASSIGN WHATEVER TOLERANCE YOU DESIRE FOR MACHINE TOLERANCES MARK
ED 'NONE',       AS THESE CUTS ARE NOT DIRECTLY INVOLVED IN BLUEPRINT TOLERANCES.
"
1380 LPRINT"  NOTE: KEEP IN MIND-(A) THE HIGHER THE TOLERANCE, THE HIGHER THE ST
OCK REMOVAL,     AND (B) THE MINIMUM TOLERANCE OF THIS OPERATION SHOULD BE OBEYED
.":LPRINT" "
1390 LPRINT"(9) INPUT THE NEW TOLERANCES TO RECEIVE AND UPDATED CHART INCORPORAT
ING THE          CHANGE.  (YOU WILL BE ABLE TO MAKE FURTHER CHANGES IF NECESSARY.
":RETURN
1400 FOR X=1 TO 5:LPRINT" ":NEXT
1410 CLS:PRINTTAB(13)"NEW MACHINE CUT TOLERANCES":PRINT:PRINT"ENTER A NEW TOLERA
NCE (OR ELSE <ENTER>)":PRINT"CUT NO.","CALC. TOL.","NEW TOL.":FORXX=1TOB-1:PRINT
:L9=T(XX,5):PRINTTAB(2)XX;:IFL9=0THENPRINTTAB(19)"NONE";ELSEPRINTTAB(19)"+/-";:P
RINTUSINGG$;L9;
1420 PRINTTAB(40)"+/-";:INPUTT(XX,5):IFT(XX,5)>.999 THEN T(XX,5)=T(XX,5)/1000:NE
XT XX:GOTO1000ELSENEXT:GOTO1000
```

Распечатка 11.6 (продолжение)

Операционные переходы и искомые размеры

Номер размерной линии	1	2	3	4	5	+/— допуск	Взаимосвязанные размеры
1	x				→	0,0031	Исходный размер
2	x			→		0,0034	Исходный размер
15				0	0	0,0065	1—2
3	x		→			0,0050	Исходный размер
18			0		0	0,0081	1—3
4	←				x	0,0010	1
5		←			x	0,0050	Исходный размер
17	0	0				0,0060	4—5
6			←		x	0,0005	18
13	0		0			0,0015	4—6
16			0	0	x	0,0070	6—15
7	x	→				0,0005	17
14		0	0			0,0020	13—7

```
Размеры по чертежу
       1        2        3        4        5    Взаимосвязанные
       |        |        |        |        |    размеры
  8    x--------x        |        |        |            7
       |        |        |        |        |
  9    |        x--------x        |        |           14
       |        |        |        |        |
 10    |        |        x--------x        |           16
       |        |        |        |        |
 11    |        |        |        x--------x           15
       |        |        |        |        |
 12    x-----------------------------------x            4
       |
```

Размеры обработки и допуски

Номер перехода	Длина резания	+/—допуск
1	3,0080	+/—0,0031
2	2,0080	+/—0,0034
3	1,5160	+/—0,0050
4	3,0000	+/—0,0010
5	2,0080	+/—0,0050
6	1,5000	+/—0,0005
7	1,0000	+/—0,0005

К распечатке 11.4.

Программа, помещенная в этой главе, вносит существенный вклад в дело автоматизации труда инженера-технолога, поскольку большой объем ручной работы перекладывается на плечи машины (распечатки 11.1 — 11.6). Описанные выше программы позволяют оценить, какими возможностями обладает Бейсик как язык программирования, и какие разнообразные операции выполняет ЭВМ при подготовке диаграмм для контроля допусков.

Упражнение 11.1 (наименее трудное). Написать программу, которая статистическим методом рассчитывает размерные цепи для сборочных чертежей. Допуск на замыкающий размер

$$T=\sqrt{Ta^2+Tb^2+\ldots+Tn^2},$$

где Ta — допуск на первую деталь; Tb — допуск на вторую деталь; Tn — допуск на последнюю деталь.

Упражнение 11.2 (средней трудности). Написать программу расчета припусков и допусков на отливки и поковки.

Глава 12
С ЧЕГО НАЧИНАТЬ?

12.1. ОБУЧЕНИЕ

В предыдущих главах мы рассмотрели многочисленные примеры использования микроЭВМ в работе инженера-технолога. МикроЭВМ приходит сегодня на смену микрокалькулятору. Она заменит его также, как микрокалькулятор заменил логарифмическую линейку. Со времени появления первых микроЭВМ в 1975 г. значительно повысилась их надежность и расширилась область применения. Конкуренция между фирмами-изготовителями способствовала повышению надежности микроЭВМ, в то время как деятельность энтузиастов-любителей порождала новые идеи по их применению. Естественно, у инженера возникают вопросы: «Как подойти к использованию микроЭВМ? С чего начать?» В этой главе мы постараемся дать ответ на два основных вопроса: «С чего начинать и каковы перспективы применения микроЭВМ?» Надо начинать с обучения. Существует несколько направлений обучения программистов на ЭВМ, и каждое имеет свои преимущества и недостатки.

Прежде всего рассмотрим такое направление как самообразование. Бейсик — очень простой язык, и изучить его можно самостоятельно, даже если имеются возможности для обучения. Однако в условиях производства довольно трудно получить все необходимые знания, занимаясь только самостоятельно. Требуется большое самопожертвование, чтобы достичь таким путем цели обучения. Другим недостатком является то, что самообразование — процесс слишком медленный. Поэтому проблема обучения должна решаться сразу по нескольким направлениям.

Обучение в колледжах. Рассмотрим другое направление — обучение в колледжах. Большинство колледжей и университетов преподают курс по программированию на ЭВМ. Как правило, предлагаемые курсы можно четко разделить на два вида. Многие учебные заведения включают в учебные планы курс по подготовке специалистов по электронной обработке данных. В настоящее время такую подготовку получают лица, собирающиеся специализироваться в области автоматизированных систем управления и вычислительной техники. Обычно слушатели изучают системное программирование с использованием алгоритмических языков, ориентированных на большие ЭВМ. Предприятия не заинтересованы в том, чтобы инженер прошел такую подготовку и получил диплом по второй специальности.

Учебный курс может носить прикладной характер. Большинство колледжей и университетов организуют обучение программированию на Бейсике. На таких курсах слушатели заняты общим изуче-

нием языка или учатся решать на нем экономические задачи. Кроме знания основ языка эти курсы мало что дают инженеру-технологу. В настоящее время существует очень немного учебных заведений, в которых преподают курс программирования специально для инженеров-технологов. Однако необходимость в этом растет, и в будущем положение может измениться. Если, однако, эта возможность обучения для вас единственная, начинайте с нее.

Еще одно направление обучения — **проведение семинаров с отрывом от производства.** Целый ряд национальных организаций, таких, как Американская ассоциация управляющих, проводит семинары по вычислительной технике. Большей частью такие семинары предназначены для управляющих и не включают практические занятия по программированию. Объясняется это отсутствием материальной базы, необходимой для проведения практических занятий, недостатком квалифицированных преподавателей для обучения инженеров. Поэтому семинары с отрывом от производства, хотя и удовлетворяют определенным требованиям, не подходят для обучения инженеров-технологов.

Семинары без отрыва от производства. Они имеют ряд преимуществ. Во-первых, потребность в оборудовании сводится к минимуму. Если фирма заинтересована в том, чтобы научить работников технического отдела практическому программированию, и готова приобрести две микроЭВМ, то можно приступать к организации таких семинаров. Утром проводятся теоретические занятия с четырьмя инженерами, а во второй половине дня — практические занятия по программированию. Целесообразно послеобеденное время разделить на два занятия по 2 ч для каждой группы инженеров, так как после работы с терминалом обучаемому надо проанализировать результаты своей работы за письменным столом. Такая организация занятий имеет и другие преимущества. Преподаватель, ведущий занятия, может увязать курс с конкретными задачами данного преприятия. Самое трудное при этом — найти квалифицированного преподавателя. Обратите внимание на термин «квалифицированный предподаватель», под ним мы понимаем инженера-технолога, знающего программирование на ЭВМ. Существуют две возможности найти такого преподавателя: пригласить консультанта или преподавателя высшего учебного заведения. Роль консультанта мы обсудим в этой главе позднее. Лучший и, возможно, самый экономичный выбор — пригласить преподавателя высшего учебного заведения. Это дает и другие преимущества, так как единение производства и высшей школы является необходимым условием долгосрочного совершенствования учебных планов и программ.

Рассмотрим последнее направление обучения — учебный класс при высшем учебном заведении. Если ваше предприятие расположено вблизи колледжа или университета, в котором читаются курсы для инженеров-технологов и по микроЭВМ, то появляется реальная основа для создания учебного класса. Некоторые учебные заведения уже организовали такие классы, другие планируют их создать.

12.2. ОБОРУДОВАНИЕ

Выбор вычислительной техники на начальном этапе — сложная проблема. Для ее решения требуются и знания и здравый смысл. Прежде всего надо решить, какую ЭВМ покупать — мини или микро. Поскольку терминология каждый день меняется, трудно провести четкую границу между этими двумя понятиями. Сегодня мини-ЭВМ можно определить как ЭВМ, стоимость которой лежит в интервале от 15 000 до 250 000 долл., в то время как микроЭВМ стоит менее 15 000 долл. Для инженера такое определение может показаться очень неопределенным, тем не менее это определение, принятое в отрасли. Каждый тип ЭВМ имеет свои преимущества и недостатки, и давать какие-либо рекомендации — дело трудное. Хотя основные функциональные возможности ЭВМ совпадают, выбор технических средств зависит от поставленных целей. Ряд фирм отдает предпочтение мини-ЭВМ, к которой подключено несколько терминалов, установленных в техническом отделе. Такая организация вычислительных работ позволяет достичь разнообразных целей, однако она требует изменений в работе других структурных подразделений. В то же время первый опыт некоторых фирм по применению ЭВМ показывает, что для инженерных расчетов достаточно приобрести две-три микроЭВМ.

Поскольку цель этой книги — побудить инженера сделать первые шаги, то мы не будем делать каких-либо попыток обсудить преимущества одной системы перед другой.

Теперь определим состав микроЭВМ. Для решения на микроЭВМ производственных задач в автономном режиме она должна быть укомплектована следующим минимальным набором модулей и устройств: базовой ЭВМ с емкостью оперативного запоминающего модуля (RAM) не менее 48K; сдвоенным дисководом для дисков диаметром 5,25 дюйм (134 мм); печатающим устройством с бумажной лентой шириной 8,5 дюйм (216 мм); дисплеем; интерфейсом RS 232.

Надежность в работе и техническое обслуживание. Несколько фирм выпускают микроЭВМ, компоновка которых отвечает перечисленным требованиям, и мы не ставим своей целью рекламировать продукцию одних фирм в ущерб другим. Покупатель должен обратить особое внимание на надежность ЭВМ и их техническое обслуживание. Бурное развитие микроэлектроники привело к появлению большого числа фирм, занятых производством ЭВМ. Подобная картина наблюдалась на заре автомобилестроения. В начале XX в. десятки компаний пытались выпускать автомобили. Сегодня число фирм, выпускающих автомобили в Америке, можно пересчитать по пальцам. Производство микроЭВМ переживает те же болезни роста. Через пять лет многие из этих небольших, испытывающих финансовые затруднения фирм выйдут из игры. Надежность микроЭВМ определяется их безотказной работой в реальных условиях, день за днем. Техническое обслуживание имеет очень большое значение. Когда для ЭВМ написаны программы и они каждый день эксплуати-

руются, возникает определенная зависимость от ЭВМ, поскольку они так же могут выходить из строя, как и любое другое оборудование. Вот почему необходимо подумать об обслуживании. Как только ЭВМ отказывает в работе, ее надо отсылать в центр обслуживания для ремонта. Вызывать специалиста по ремонту на предприятие — очень дорого. Поэтому надо начинать с приобретения, по крайней мере, двух ЭВМ и тщательно изучить возможности их обслуживания. Многие инженеры-технологи предпочитают не покупать станки с начальными заводскими номерами. Не будем разбирать здесь причин, но в большинстве случаев такая осторожность оправдана. Главное в том, что с такой же осторожностью и вниманием надо подходить к выбору ЭВМ для решения производственных задач.

Стандартизация. В описании номенклатуры микроЭВМ значится: «Интерфейс RS 232». Это принятое в электронной промышленности обозначение стандарта на подключение к ЭВМ внешних устройств. Хотя производство микроЭВМ очень быстро развивается, стандартизация остается нерешенной проблемой. С точки зрения пользователя недостаточный на этом этапе развития отрасли уровень стандартизации вызывает дополнительные трудности. Подключение к микроЭВМ внешних устройств, изготовленных различными фирмами, становится сложным делом. Интерфейс RS 232 обеспечивает для пользователя совместимость различных электронных модулей и дополнительных внешних устройств, которые могут быть приобретены в будущем.

По мере развития отрасли на рынке появляются новые внешние устройства. Приведем краткий частичный перечень периферийного оборудования, включив в него как известные, так и новые модели.

Телетайп ASR-33 представляет собой стандартное устройство, которое может быть подключено к мини- или микроЭВМ. Оно может оказаться весьма полезным, так как выполняет все функции, необходимые для электронной системы: печать, ввод с клавиатуры, ввод и вывод на перфоленту. Чтобы подключить это устройство к ЭВМ, нужно приобрести модуль связи, выпускаемый фирмой — изготовителем ЭВМ.

Может потребоваться высокоскоростное перфоленточное устройство. Такие устройства имеются в продаже и большинство из них имеют выход на интерфейс RS232.

Следующее устройство, которое можно подключить к ЭВМ, — это модем. Он предназначен для сопряжения ЭВМ с устройствами передачи данных по телефонным каналам связи. Популярность этих устройств растет по мере возникновения новых видов услуг.

ЭВМ могут быть также связаны с внешним миром. При этом возникают захватывающие возможности. Часто внешнее устройство или устройства не стандартизованы, и приходится использовать модули связи. Чтобы осуществить такое соединение, нужны специальные знания.

Еще два периферийных устройства, о которых мы упоминали, но которые обсудим позже в этой главе — графопостроитель и цифратор.

Документация. Документация рассматривается как вид обеспечения, предоставленный заводом-изготовителем. Она объясняет пользователю, как работать с ЭВМ. Плохое качество документации является общим явлением. Фирмы-изготовители больше всего думают о рынках сбыта для своих ЭВМ и менее всего — о документации. Если документация плохо отработана, то прежде всего страдает пользователь, который пытается разобраться в новой и непонятной для него системе. В конечном итоге убытки понесет фирма-изготовитель, но пока страдает покупатель.

Последний вопрос, который связан с оборудованием, — это **моральный износ.** По мере совершенствования технологии производства ЭВМ сроки морального износа сокращаются. В настоящее время ЭВМ устаревает примерно через 3 года. Для некоторых сама мысль о покупке машины, которая через 3 года может устареть, кажется устрашающей. И хотя мы не будем пытаться рассеять эти страхи, сущность морального износа необходимо пояснить.

Покупка ЭВМ, на смену которой вот-вот появится ЭВМ нового поколения, может, мягко выражаясь, вызвать разочарование. Вместе с тем, если инженер или управляющий видит сегодня, как можно с помощью ЭВМ повысить эффективность инженерного труда, но откладывает покупку, он теряет время. Сущность морального износа не в том, что ЭВМ перестает работать. Будущие микроЭВМ станут еще портативнее, увеличится их быстродействие и емкость памяти. Они будут построены на базе 16-разрядных микропроцессоров вместо 8-разрядных. Снизится их стоимость. Размышляя над этой дилеммой, не следует зыбывать о другом вопросе: «А как поступают конкурирующие фирмы?»

12.3. ЯЗЫКИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Бейсик был разработан в 1964 г. сотрудниками Дармутского колледжа. Вопрос о том, на каком языке программировать, задают часто. Существуют различные мнения на этот счет, некоторые из них субъективные. Подробный разбор языков программирования выходит за рамки этой книги, но необходимо сделать ряд замечаний.

Во-первых, наиболее распространенными языками для решения научных задач сегодня являются Бейсик и Фортран. Паскаль занимает третье место. Бэйсик и Фортран — языки высокого уровня, обладающие большим набором средств для эффективной обработки математических выражений. В конце 1980 г. автор провел исследование на национальном уровне. Цель исследования заключалась в том, чтобы определить, какие курсы по применению ЭВМ читаются в настоящее время инженерам-технологам в колледжах и университетах США и какие языки программирования используются. Если говорить о языках программирования, то результаты исследования показали, что в 50 % случаев использовался Фортран и в 50 % — Бейсик. Применялись некоторые другие языки программирования, но настолько редко, что эти случаи не учитывались. В последние годы

фирмы-изготовители разработали программные средства для своих ЭВМ, позволяющие использовать любой из трех наиболее распространенных языков программирования.

Во-вторых, следует учитывать, что существует множество диалектов Бейсика. Хотя Бейсик широко распространен, имеются некоторые различия между языками Бейсик фирмы «Радио шэк» и Бейсик фирмы «Эпл.» Программа, написанная для ЭВМ TRS-80, не будет выполняться на ЭВМ фирмы «Эпл». Помимо небольших расхождений в языках программирования, эти ЭВМ имеют совершенно различные дисковые операционные системы. Поэтому программы, написанные на одном и том же языке, несовместимы для различных машин. Начинающий пользователь должен сделать для себя следующий вывод: не покупать из числа наиболее популярных ЭВМ по одной машине в надежде, что вы можете писать и использовать взаимозаменяемые программы. Некоторые фирмы по разработке программного обеспечения создают трансляторы, которые могут выполнять такую функцию. Однако после завершения разработок маловероятно, чтобы они стали достоянием других фирм.

Для каждой ЭВМ можно писать программы на языке Ассемблер или в машинных кодах. Ассемблер — язык низкого уровня, в котором используются мнемонические коды. Команды Ассемблер используются непосредственно для управления работой ЭВМ. Слово «непосредственно» означает «без использования транслятора [1]».

Программирование на языке Ассемблер или в машинных кодах— очень утомительная работа, отнимающая массу времени. Точно так же, как существуют различные диалекты языка Бейсик, каждый модуль центрального процессора или микропроцессор имеет свой собственный код, и каждый микропроцессор отличается от другого. В ряде случаев изучение языка Ассемблер и (или) машинного языка бывает оправданным. Их можно изучить после того, как инженер хорошо освоит Бейсик. Программа в машинных кодах выполняется быстрее, чем программа на языке Бейсик. Встречаются программы, которые требуют для своего выполнения несколько минут машинного времени (например, подпрограмма расчета процентов при дисконтировании денежных потоков). Если бы такая подпрограмма была написана на языке Ассемблер или в машинных кодах, время расчета существенно сократилось. Другая причина изучения этих языков заключается в необходимости обеспечивать интерфейс программным путем. ЭВМ на своем нижнем уровне воспринимает только наличие сигнала или его отсутствие в виде нуля или единицы и все ее элементы могут находиться в одном из двух состояний: включены или выключены. Связь ЭВМ с внешним миром осуществляется на этом уровне. В некоторых системах Бейсик используют для программирования интерфейса. Обучение программированию в машинных кодах и на языке Ассемблер не входит в начальное обучение.

---

[1] Неточно. Каждая команда языка Ассемблер с помощью специальной программы транслируется в команду машинного языка, которая уже выполняется ЭВМ. — *Прим. пер.*

12.4. ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Этот раздел написан преимущественно для руководителя отдела, который должен организовать работу по программированию. Прежде чем начать программирование реальных задач, руководитель отдела должен решить, сколько специалистов будут писать программы для ЭВМ. Писать программы для решения производственных задач на ЭВМ нетрудно. Существует, конечно, и оборотная сторона медали. Наблюдения и исследования, проведенные в классе, показывают, что не каждый может или хочет работать с ЭВМ. Некоторых людей пугает перспектива автоматизации их труда. В то время как одни чувствуют себя уверенно в условиях перемен и стремятся к ним, другие предпочитают, чтобы все оставалось по-старому. Мы не ставим своей целью разбирать мотивы поведения людей. Эти замечания адресованы руководителю, и он должен их учитывать при организации работ по программированию. Вместе с тем внедрение ЭВМ в техническом отделе может повысить трудовой настрой работников, вызвать ощущение новизны. В заключение сформулируем несколько вопросов, которые следует тщательно проанализировать, прежде чем начать работу по программированию.

1. Какие типы программ следует сначала освоить?
2. Сколько человек должно быть занято программированием?
3. Какие задачи надо запрограммировать в первую очередь?
4. Надо ли составлять график работ?
5. Как контролировать разработку программ?
6. Как определить на различных этапах работы, являются ли результаты положительными или отрицательными?
7. И наконец, должны ли уметь писать программы для ЭВМ руководители отдела?

Сразу после того, как начнется разработка программ, возникнут новые вопросы. Заслуживает изучения проблема защиты информации, хранимой в файлах. Многие фирмы по разработке программного обеспечения принимают в настоящее время меры для защиты своих разработок от злоумышленных действий. Некоторые фирмы создали методы защиты, не позволяющие копировать программы. И если опытный программист может избежать этой проблемы, то читатель должен отнестись к ней серьезно. Внесение изменений в программы и копирование гибких дисков представляют две другие проблемы, которые нужно обдумать. Возможно, целесообразно создать некоторую централизованную систему внесения изменений в программы и данные, наподобие той, которая существует в конструкторских бюро. По мере увеличения числа программ растет число изменений и дополнений, вносимых в ранее разработанные программы. Появляется необходимость в системных дисках и программной документации. Следует также подумать над тем, как научиться писать простые и понятные системные и операционные документы.

12.5. КОНСУЛЬТАЦИИ

Большую помощь на начальном этапе может оказать квалифицированный консультант. Обратите еще раз внимание на слово «квалифицированный». Бурное развитие производства ЭВМ, их широкое распространение во всех сферах деятельности привело к появлению новых отраслей, открыло новые возможности специализации. Появилась профессия консультанта по вычислительной технике. Опытный консультант помогает руководителю правильно определить цели обучения, организовать учебный процесс, разработать программы. Хорошей отправной точкой может стать проведение без отрыва от работы семинарских занятий. Такие занятия позволяют выявить уровень подготовки слушателей, прежде чем будут развернуты серьезные работы по программированию задач.

С консультантами нередко заключают договоры на разработку программ. Как правило, такое содружество дает хорошие результаты, но бывают и неудачи.

Можно приобрести готовые программы. За последние 4—5 лет появилось большое количество фирм по разработке программного обеспечения. Их торговый оборот превышает 1 млн. долл. В основном разрабатывается программное обеспечение для решения на небольших предприятиях задач бухгалтерского учета, управления материально-техническим снабжением, хранения и поиска информации. Фирмы — изготовители ЭВМ предлагают готовые программы для решения аналогичных задач и обработки текстов. Все эти программы ориентированы на массовый рынок. После его насыщения фирмы будут искать новые источники доходов и, возможно, начнут создавать программы для решения задач технологии.

Следует тщательно продумать планирование, организацию и осуществление работ по повышению эффективности инженерного труда на основе микроЭВМ. Как и в любом деле успех будет во многом зависеть от правильного руководства.

Мы живем в век научно-технического прогресса. Быстрые изменения в технике и технологии происходят одновременно во многих областях. Появление ЭВМ ознаменовало начало процесса, который можно назвать новой промышленной революцией. Перспективы развития производства вычислительной техники выглядят фантастическими. В 1990 г. будет использоваться 33 млн. микроЭВМ. Это прогноз. Он кажется нереальным, но специалисты верят в эту цифру.

Ранее мы обсудили концепции групповой технологии и систем автоматизированного проектирования технологических процессов на основе микроЭВМ. Хотя обе концепции частично переплетаются, они представляют собой различные направления изменений в содержании труда технолога. Автоматизированное рабочее место технолога, в состав которого входят микроЭВМ, графическое устройство ввода-вывода и отображения информации, устройство дисковой памяти, построчно-печатающее устройство, в будущем пополнится цифратором и графопостроителем. С их помощью можно будет

вводить размеры деталей в ЭВМ непосредственно с чертежей и выполнять последний этап проектирования технологии — подготовку чертежа — автоматически. Можно предположить, что автоматизированные рабочие места со временем будут встроены в автоматизированную систему разработки групповой технологии. Тем самым будет сделан еще один шаг на пути к заводам-автоматам. Произойдут изменения в системах автоматизированного проектирования и производства, которые сейчас быстро развиваются. В 1980 г. объем производства вычислительной техники для этих систем равнялся 510 млн. долл. Темпы роста составили 70 % в год. Правда, по отношению ко всему объему производства вычислительной техники 510 млн. долл. могут показаться не слишком большой цифрой, но не следует забывать стоимость периферийного оборудования (графические дисплеи, графопостроители и др.). Ожидается, что к 1990 г. объем производства многократно возрастет. Фактически, любые серьезные изменения в промышленности Америки сегодня связаны с применением ЭВМ.

Изменятся требования к знаниям и умениям, которыми должен владеть инженер-технолог. У него появятся новые обязанности. Было время, когда на должность технолога назначался лучший рабочий-инструментальщик. Такая практика давно изжила себя. Сегодня инженер-технолог несет ответственность за совершенствование производственных процессов, за подготовку производства к требованиям завтрашнего дня. Было сделано много предположений относительно того, каким будет производство в XXI в. Все элементы, необходимые для полной автоматизации и создания заводов-автоматов, уже существуют, и когда это осознаешь, становится не по себе.

Нельзя предсказать будущее, и мы не будем пытаться этого делать. Но некоторые обобщения и заключения необходимы.

Для инженера мир будущего будет полон перемен. ЭВМ уже изменили наш образ жизни и образ мыслей. Некоторые могут сказать, что эти перемены произошли в ущерб отдельным интересам личности или общества. Но технический прогресс нельзя остановить. В последнее время задается множество философских вопросов относительно того, куда приведет нас развитие техники и науки, в каком направлении нам следует двигаться. Высказывается также мысль о том, что общество может выбрать и другие направления своего развития. Полезно размышлять и обсуждать эти вопросы. Но обсуждение заканчивается, как только задают другой вопрос: «Кто сделает этот выбор?» А между тем технический прогресс все ускоряется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

К главе 2

2.1. Horton. Holbrook L., Editor. *Machinery's Handbook*. 19th Ed. New York: Industrial Press. Inc., 1974.

2.2. Jenson. Jon E., Editor. *Forging Industry Handbook*. 2nd Ed. Cleveland: Forging Industry Association. 1970.

2.3. *Valenite Handy Reference*. The Valeron Corporation. 1976.

2.4. Vernon. Ivan R., Editor. *Realistic Cost Estimating for Manufacturing*. Dearborn. MI:Society of Manufacturing Engineers. 1968.

К главе 3

3.1. Konz, Stephan. *Work, Design*. Columbus, OH: Grid Publishing, Inc., 1979.

3.2. Nicks, J. E. *Numerical Control for Profit*. Dearbon, MI: Society of Manufacturing Engineers, 1966.

3.3. Ostwald, Phillip F., Editor. *Manufacturing Cost Estimating*. Dearborn. MI: Society of Manufacturing Engineers, 1980.

К главе 4

4.1. Hansen. Bertrand L. *Quality Control Theory & Applications*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice- Hall, Inc., 1963.

4.2. Hayes, Glenn E. and Romig. Harry G., *Modern Quality Control*. Bruce — A Division of Benzinger Bruce & Glencoe, Inc., 1977.

4.3. Juran, J. M., Editor-in-Chief. *Quality Control Handbook*, 3rd Ed. New York: Mc Graw Hill Book Co., 1974.

К главе 5

5.1. Bolten, Steven E. *Managerial Finance, Principles and Practice*. Boston: Houghton Mifflin Co., 1976.

5.2. Steffy, Wilbert; Smith, Donald N. and Sovter, Donald. *Economic Guidelines for Justifying Capital Purchases*. Ann. Arbor MI: Industrial Development Division, Institute of Science and Technology, University of Michigan, 1973.

5.3. White, John A.; Agee, Marvin H., and Case, Kenneth. *Principles of Engineering Economic Analysis*. New York: John Wiley & Sons. 1977.

К главе 6

6.1. Hansen, Bertrand L. *Quality Control Theory & Applications*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc., 1963.

6.2. Mann, Lawrence Jr. *Applied Engineering Statistics for Practising Engineers*. New York: Barnes & Noble, 1970.

6.3. Mendanhall, Reinmuth. *Statistics for Management & Economics*, 2nd Ed. Duxbury, 1974.

6.4. Stockton, John R. and Clark, Charles T. *Introduction to Business and Economic Statistics*, 5th Ed. South-Western Publishing Company, 1975.

К главе 7

7.1. Barnes, Ralph M., *Motion and Time Study*, 6th Ed., New York. John Wiley & Sons, 1968.

7.2. Konz, Stephan. *Work Design*. Columbus, OH. Grid Publishing Company. 1979.

7.3. Smith, George L. Jr. *Work Measurement, a System Approach.* Columbus. OH. Grid Publishing Company, 1978.

К главе 8

8.1. Dwyer, Thomas A. and Margot Critchfield. *BASIC and the Personal Computer.* Philippines: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1978.
8.2. Inman. Don. *Introduction to TRS-80 Graphics.* Portland, Oregon: Dilithium Press, 1979.

К главе 9

9.1. *Radio Shack Disk Operating System, Disk, Basic, TRSDOS & DISK BASIC Reference Manual,* Ft., Worth, TX: Radio Shack, A. Division of Tandy Corp., 1979.

К главе 10

10.1. *Operating Instructions for the 2 AC (Ms*920) Single Spindle Chucking Automatic. Cleveland: Warner & Swasey, 1973.
10.2. Wilson, R.C. and Henry, Robert A. *Introduction to Group Technology in Manufacturing and Engineering.* Ann Arbor, MI: Industrial Development Division, Institute of Science and Technology, University of Michigan. 1977.

К главе 11

11.1. Wilson, Frank W., Editor-in-Chief. *Manufacturing Planning and Estimating Handbook.* Dearborn, MI: Society of Manufacturing Engineers, 1963.
11.2. Wade, Oliver R., *Tolerance Control in Design and Manufacturing.* New York: Industrial Press, Inc., 1967.

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

ДЖ. НИКС

Бейсик:

РЕШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

Редактор **Л. В. Шипов**

Художественный редактор **С. Н. Голубев**

Переплет художника **Р. А. Казакова**

Технический редактор **Н. М. Харитонова**

Корректоры **О. Е. Мишина, А. П. Сизова**

ИБ № 4870

Сдано в набор 23.10.86. Подписано в печать 27.01.87.

Формат 60×90 1/16. Бумага офсетная № 2. Гарнитура литературная.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 15,5. Усл. кр.-отт. 15,5. Уч.-изд. л. 15,57.

Тираж 25 000 экз. Заказ 2156. Цена 1 р. 40 к.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство «Машиностроение»,
107076, Москва, Стромынский пер., 4

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
129041, Москва, Б. Переяславская, 46

Дж. Никс.
БЕЙСИК:
РЕШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Для получения информации о качестве переводных изданий редакция просит Вас отметить галочкой позиции, соответствующие Вашей оценке этой книги.

Линия отреза

Необходимость издания переводов по данной теме:	☐ значительная ☐ незначительная
Эффективность книги с точки зрения практического вклада:	☐ высокая ☐ незначительная ☐ затрудняюсь ответить
Эффективность книги с точки зрения теоретического вклада:	☐ высокая ☐ незначительная ☐ затрудняюсь ответить
Книга соответствует современному уровню достижений науки и техники:	☐ в полной мере ☐ частично ☐ слабо
Книга сохранит свою актуальность в течение:	☐ не более 1—2 лет ☐ около 5 лет ☐ длительного времени
Целесообразность издания этой книги	☐ значительная ☐ незначительная
Качество перевода (стиль и терминология):	☐ хорошее ☐ удовлетворительное ☐ низкое

Название книги соответствует ее содержанию:

☐ в полной мере
☐ частично
☐ не соответствует

Не могли бы Вы предложить более верное название?

Тираж издания

☐ достаточен
☐ недостаточен
☐ затрудняюсь ответить

Не могли бы Вы указать более верный тираж?

| .... тыс. экз. |

Внешнее оформление книги:

☐ хорошее
☐ удовлетворительное
☐ неудачное

Убедительно просим изложить дополнительные замечания на отдельном листе, в частности, по качеству перевода, разборчивости рисунков, уровню и объему математического аппарата (если таковой имеется) и проч.

Не могли бы Вы рекомендовать нам темы будущих переводных изданий по Вашей специальности?

Заполненную анкету просим выслать по адресу:

107076, Москва, Стромынский пер., 4

Издательство «Машиностроение»

Редакция переводной литературы

Если Вы желаете получить проспекты лучших новых книг нашего издательства, не забудьте указать свой адрес.

Линия отреза

РЕШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ